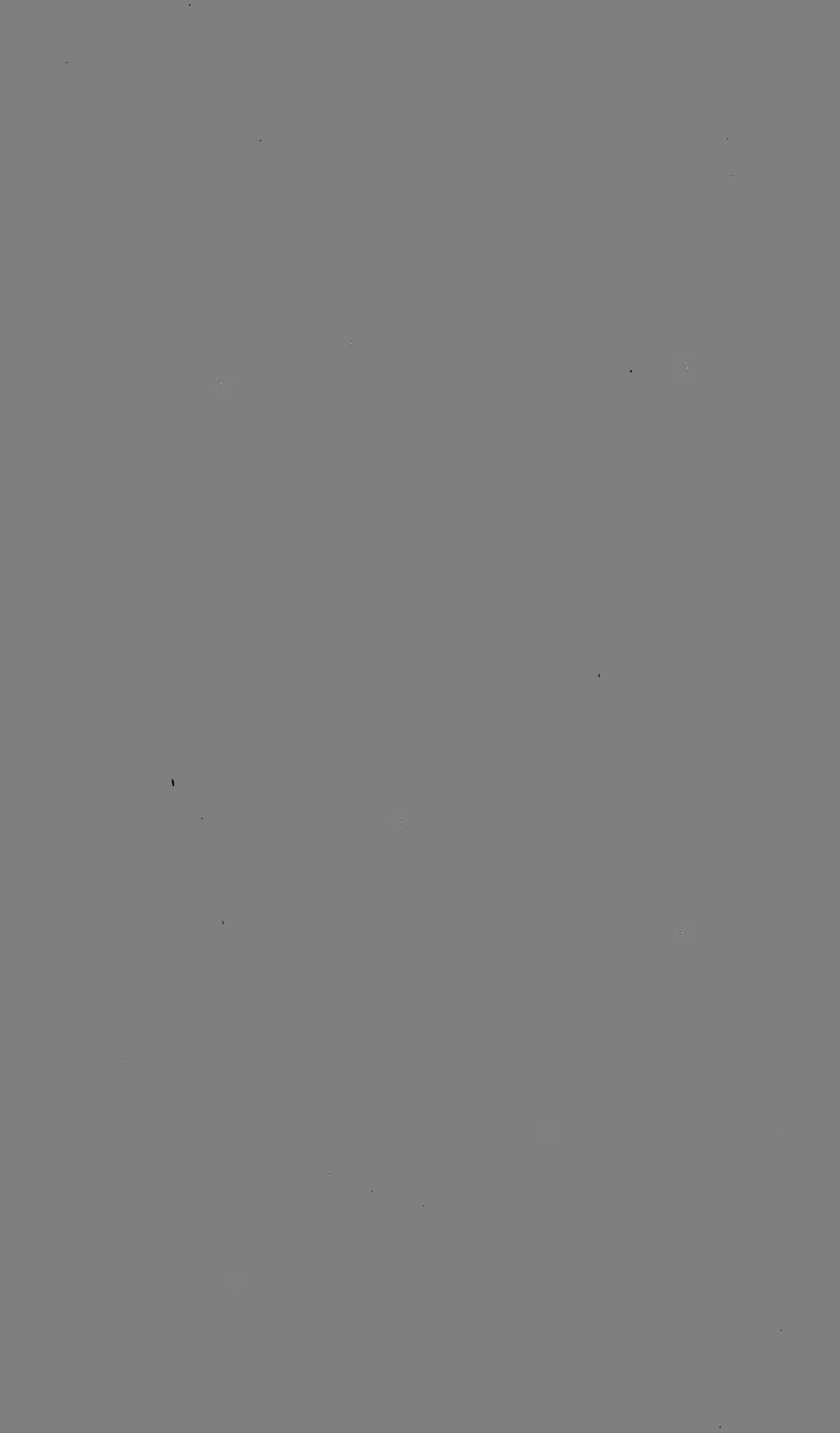
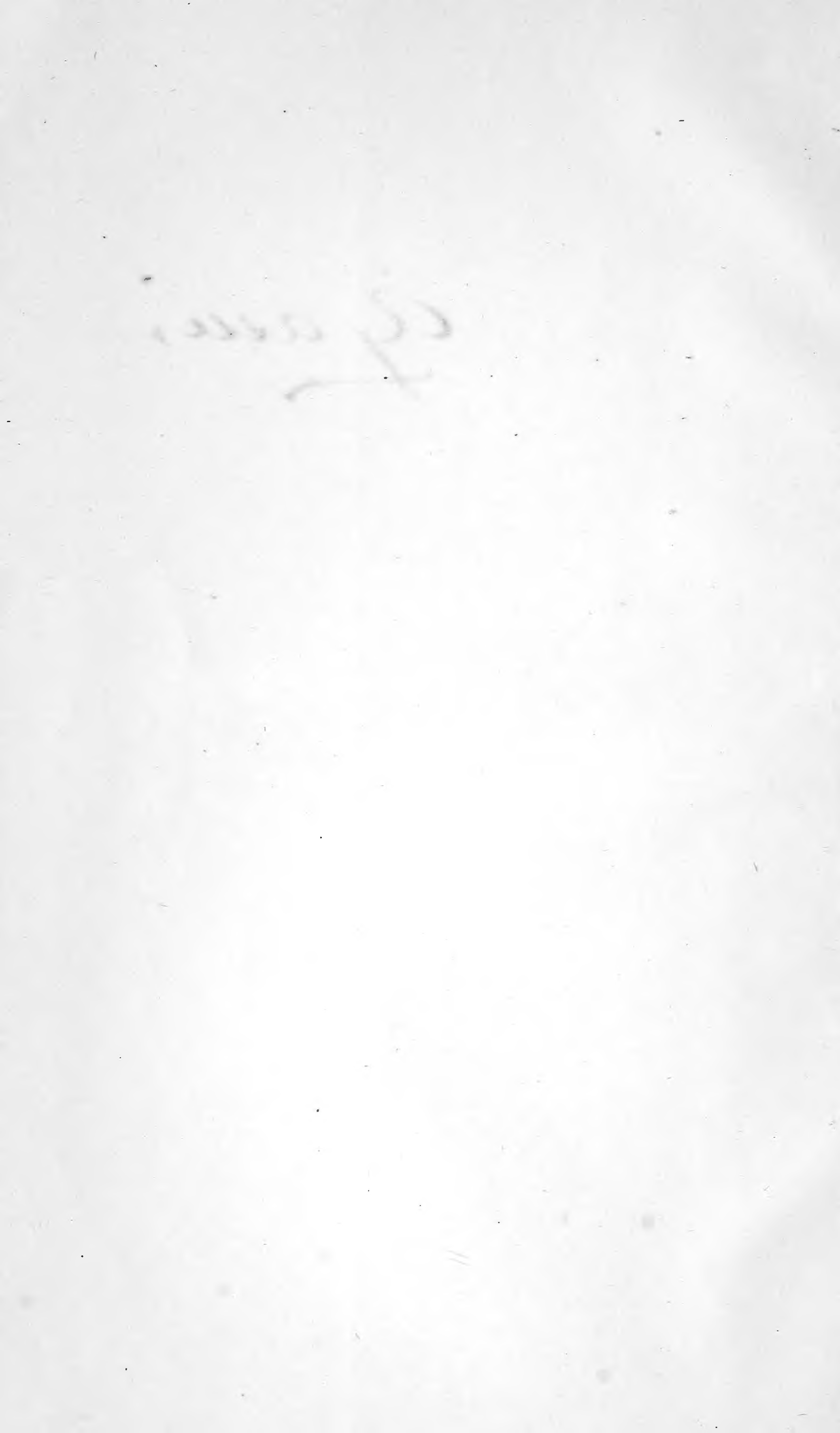






Agassiz





ARCHIV
FÜR
ANATOMIE, PHYSIOLOGIE
UND
WISSENSCHAFTLICHE MEDICIN.

HERAUSGEGEBEN

VON

Dr. CARL BOGISLAUS REICHERT,

PROFESSOR DER ANATOMIE UND VERGLEICHENDEN ANATOMIE, DIRECTOR DES KÖNIGLICHEN ANATOMISCHEN MUSEUMS UND ANATOMISCHEN THEATERS, MITGLIED DER KÖNIGLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN,

UND

Dr. EMIL DU BOIS-REYMOND,

PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE, DIRECTOR DES KÖNIGLICHEN PHYSIOLOGISCHEN LABORATORIUMS, MITGLIED DER KÖNIGLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

FORTSETZUNG VON REIL'S, REIL'S UND AUTENRIETH'S, J. F. MECKEL'S UND JOH. MÜLLER'S ARCHIV.

JAHRGANG 1861.

Mit zwanzig Kupfertafeln.



LEIPZIG.

VERLAG VON VEIT ET COMP.

Inhalt.





Ueber Muskelkörperchen und das, was man eine Zelle zu nennen habe.

Von

Prof. Max Schultze in Bonn.

Von den zahlreichen in neuester Zeit erschienenen Abhandlungen über die Bedeutung der „Muskelkörperchen“ ist, wie gewiss Viele zugeben werden, keine dazu angethan, das Gefühl einer befriedigenden Lösung der auf diese Gebilde sich beziehenden vielfach discutirten Fragen hervorzurufen. Der Wunsch, darüber in's Klare zu kommen, ob im Inneren der Primitivbündel der Muskeln geschlossene Zellen mit anastomosirenden Ausläufern liegen, oder ob statt deren blosse Kerne da seien, oder endlich ob, wie Manche glauben, keinerlei abgeschlossene körperliche Gebilde zwischen den Fibrillen vorkommen, hat sich bei vielen geregt. Davon legen die zahlreichen diesen Gegenstand betreffenden Abhandlungen Zeugniss ab. Wie Weniges in diesen aber sich allgemeine Anerkennung verschaffen konnte, das lehren die nicht endenden Differenzen bei den stets neu auftauchenden Autoren. Es ist ein unbehaglicher Zustand hier wie in manchen anderen Capiteln der Gewebelehre. Zu dessen Ende beizutragen sind die nachfolgenden Bemerkungen bestimmt.

Bei Deutung so complicirter Gewebe, wie Bindegewebe Muskeln und dergleichen sind, haben wir vor allen Dingen nach der Genese zu fragen. Für die Muskeln wollen wir die zuerst von Remak[1]) mit Nachdruck vertheidigte bei Froschlarven leicht zu bestätigende Ansicht, dass jedes Primitivbündel aus einer einzigen Zelle entstehe, welcher sich unter

1) Froriep, N. Notizen. 1845, No. 768. Untersuchungen über die Entwickelung der Wirbelthiere. Taf. XI.

Anderen auch Kölliker[1]) endlich angeschlossen hat, zu Grunde legen. Die Vorgänge bei der Entwickelung sind, wie ich hier vorausschicken will, folgende. Während die junge Muskelzelle zu einem cylindrischen oder spindelförmigen Gebilde auswächst, mehren sich die schon früh vielfachen Kerne durch fortgesetzte Theilung und gruppiren sich bei verschiedenen Thieren in etwas verschiedener Weise, indem sie sich entweder unregelmässig in der Zellsubstanz vertheilen, oder in der Längsaxe zu einem Strange anordnen u. dgl. m., und gleichzeitig wandelt sich die Zellsubstanz, der körnige sogenannte Zelleninhalt, das Protoplasma,[2]) welches wahrscheinlich unter besonderer Mitwirkung der sich mehrenden Kerne gleichfalls an Menge fortdauernd zunimmt, in die contractile Fibrillensubstanz um, und zwar von der Peripherie nach dem Centrum, meist nicht gleichmässig von allen Seiten her, sondern anfänglich einseitig. Die fast undurchsichtige, stark körnige und wie in allen Embryonalzellen sehr dichte Protoplasmasubstanz hellt sich auf, wird durchsichtiger, die Körnchen schwinden allmählig, endlich tritt in ihr Längs- und Querstreifung auf. Das Protoplasma, dem schon vorher Contractilität zukam, die ungeformte contractile Substanz, formt sich durch innere Veränderungen, die Disdiaklasten und ihre Gruppen, die sarcous elements differenziren sich als das Licht stark und doppelt brechende Körperchen und gruppiren sich in der Längsrichtung zu stäbchenförmigen Fibrillen, indem eine weichere, nicht doppelt brechende, der ursprünglichen Protoplasmasubstanz, wie es scheint, verwandtere Zwischenmasse

---

1) Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. 9. 1858. p. 139, 141.

2) Wir brauchen für die zähflüssige oder schleimartige, meist körnchenreiche, stickstoffhaltige Zellsubstanz oder Zelleninhaltsubstanz so gut einen Namen wie die Botaniker, und es kann nicht zweifelhaft sein, dass wir uns der vollständigen Uebereinstimmung wegen, welche zwischen Thier- und Pflanzenzellen in allen wesentlichen Verhältnissen herrscht, desselben wie die Botaniker bedienen müssen. Remak's Versuch, den von Hugo von Mohl herrührenden Ausdruck „Protoplasma" bei thierischen Zellen einzuführen, hat nicht die verdiente allgemeine Nachahmung gefunden. Wir werden uns desselben fortan stets bedienen.

ihre Verkittung in der Längsrichtung übernimmt. So lagern sich die neu entstandenen Fibrillen dicht neben einander, ohne aber unter einander zu verschmelzen. Es bleibt vielmehr zwischen ihnen noch ein Rest des unveränderten Protoplasma zurück. Dies ist die auch beim Erwachsenen noch nachweisbare Zwischensubstanz zwischen den Fibrillen. Die Menge derselben ist sehr verschieden, stellenweise verschwindend gering, so dass das Mikroskop sie kaum zeigt und nur die die Fibrillen isolirende Maceration sie nachweist, in anderen Fällen sehr deutlich, entweder glashell oder mit feinen Körnchen durchsetzt, hier und da in etwas grösserer Menge angehäuft, so dass die Fibrillen zu feinen spindelförmigen Lücken auseinander weichen. Es ist diejenige Substanz, welche schon Henle[1]) als zwischen den Fibrillen vorkommend, erwähnt, auf deren allgemeinere Verbreitung besonders Kölliker,[2]) von Leydig[3]) dazu angeregt, aufmerksam machte, ohne aber über ihren Ursprung etwas zu sagen. In der That ist diese Substanz auf das Protoplasma der embryonalen Muskelzelle zurückzuführen, sie ist als übrig gebliebenes, bei der Metamorphose des Protoplasma in Fibrillensubstanz unverändert gebliebenes oder wenig verändertes Protoplasma zu betrachten. Eine jede Fibrille ist ursprünglich immer und wahrscheinlich auch fortdauernd von einem Mantel dieser Substanz umgeben, wechselnd im Laufe der Zeit in Menge, Consistenz und chemischer Beschaffenheit, so dass eine Isolirung der Fibrillen bald leichter, bald schwerer gelingt, wechselnd auch in ihrer Erscheinung, bald ganz homogen und glashell, bald feinkörnig oder mit zahllosen Fetttröpfchen durchsetzt.

Die zahlreichen Kerne, welche sich während des Wachsthums der jungen Muskelfaser fortwährend durch Theilung mehren, betten sich bei allmähliger Umwandlung des Protoplasma zwischen die Fibrillen. Lagen die Kerne zerstreut im Protoplasma, so finden wir dieselben auch später in solcher Anordnung in der Muskelfaser, wie z. B. beim Frosch

1) Allgemeine Anatomie 1841, S. 580.

2) Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. 8. S. 316.

3) Dieses Archiv 1856, S. 156.

oder in den Herzmuskeln der Säugethiere.[1]) Hatten sie sich zu einer Kernsäule in der Längsaxe der Muskelfaser aufgereiht, so können sie auch diese Lage beibehalten, wie solche Muskelfaser aus einem 3½ zölligen Schweinefötus schon Schwann[2]) abbildet. Auch bei erwachsenen Thieren kommen dergleichen vor, wie Kölliker[3]) und Kühne[4]) erwähnen, Weismann[5]) kürzlich mit Hülfe der sehr empfehlenswerthen Macerationsmethode mittelst 35 pCt. Kalilauge beim Frosch sehr häufig auffand. Endlich können die Kerne auch ganz an die Oberfläche des Primitivbündels rücken, wo sie dann später dicht unter (aber nicht in) dem Sarkolemma gefunden werden, wie meist beim Menschen und den Säugethieren. Alle diese Kerne sind mit grösseren oder geringeren Mengen Protoplasma umhüllt, welches, da der Kern meist eiförmig, die zur Aufnahme desselben bestimmte Lücke zwischen den Fibrillen aber spindelförmig ist, namentlich die beiden Endzipfel des spindelförmigen Raumes ausfüllt. Das Protoplasma ist dasselbe wie das überall zwischen den Fibrillen verbreitete, es ist aber meist in grösserer Menge angehäuft, wo ein Kern liegt. Hier aber, wie sonst überall im Primitivbündel, stellt es nur eine Ausfüllungsmasse zwischen den Fibrillen dar, von einer besonderen Membran ist es eben so wenig umschlossen, als die interfibrillären Körnchenreihen in mit besonderen Wandungen versehenen Röhrchen liegen.

Man könnte sich zur Veranschaulichung der Anordnung der Theile in einem Muskelprimitivbündel demnach so ausdrücken, dass in einer körnigen, breiweichen Protoplasmamasse durch partielle Umwandlung derselben stäbchenartige Fasern, die Fibrillen auftreten. Alle bleiben ringsumflossen von den

---

1) Vergleiche den vortrefflichen Aufsatz über den Bau der Muskelfasern von A. Rollet in den Sitzungsber. der Akad. d. Wiss. zu Wien. Bd. 24. S. 291.

2) Untersuchungen u. s. w. Taf. IV. Fig. 2.

3) Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. 8. S. 316.

4) Dieses Archiv Jahrg. 1859. S. 576.

5) Zeitschr. f. ration. Medicin. 3. Reihe. Bd. X. 1860. S. 263.

Resten des unveränderten Protoplasma. In diesem waren aber schon vor der Umwandlung grössere feste Körper, die Kerne enthalten. Sie müssen bei der Bildung der Fibrillen natürlich zwischen diese zu liegen kommen. Wo sich die Fibrillen sehr dicht aneinander legen, wie meist geschieht, weichen sie, um den Kern zwischen sich zu beherbergen, zu einem kleinen spindelförmigen Raum aus einander. Dieser Raum, ausgefüllt von dem Kern und von Protoplasmamassen, steht natürlich in freier, offener Verbindung mit dem das ganze Bündel durchziehenden interfibrillären Protoplasma. Da letzteres an vielen Stellen aber bis auf ein Minimum schwindet, so dass die Fibrillen so zu sagen dicht aneinander liegen, so kann das spindelförmige, kernhaltige Körperchen, welches, wenn wir den, wenn ich nicht irre, zuerst von Welcker gebrauchten Namen „Muskelkörperchen" beibehalten wollen, wohl allein diesen Namen verdient und ihn im Nachfolgenden auch allein führen soll, als ein rings begrenztes, mehr oder weniger abgeschlossenes erscheinen. In der That wird es in den meisten Fällen so geschehen, und giebt mit seinem Kern durchaus das Bild einer scharf begrenzten Zelle. Daneben kommen dann bei verschiedenen Thieren verschieden häufig auch andere spindelförmige aber kleinere Protoplasmaanhäufungen ohne Kern vor.[1]) Diese werden wir, um Missverständnisse zu vermeiden, unter dem Namen Muskelkörperchen nicht mit begreifen.

Man wird zugeben, dass unsere Darstellung der Entwickelung und des Baues der Muskelfaser im Wesentlichen mit den Angaben der meisten Histiologen im Einklange stehe, wenn der Ausdruck und die Art der Auffassung auch etwas abweicht. Die Umwandlung des Protoplasma der embryonalen Muskelzelle in contractile Fibrillensubstanz beschrieb Remak zuerst, und wenn Margo[2]) in neuester Zeit statt einer, unter Kern-

---

1) Unter Anderen beschrieben von E. Haeckel, dieses Archiv 1857, S. 496, und von W. Kühne, ebenda 1859, S. 574.

2) Neue Untersuchungen über die Entwickelung u. s. w. der Muskelfasern. Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. zu Wien. Bd. 36. S. 219. 1859.

theilung und Vermehrung des Protoplasma zu einer langen Muskelfaser auswachsenden Zelle, deren viele zur Bildung einer solchen Faser zusammentreten lässt, so ist der Widerspruch vielleicht nur ein scheinbarer. Es reducirt sich die Margo'sche Darstellung offenbar darauf, dass er für jeden der vielfachen Kerne in der jungen und fortwachsenden Muskelfaser auch eine besondere Protoplasmaabtheilung, für jeden Kern ein, so zu sagen, ihm eigenes Protoplasmaklümpchen (Sarkoplasten) annimmt, welche alle aber unter einander zu einem homogenen Ganzen, dem Muskelprimitivbündel, verschmelzen sollen. Möglich, dass man durch gewissen Stadien der Muskelentwickelung entnommene Präparate zu einer Annäherung an die Margo'sche Ausdrucksweise veranlasst werden wird, zu der mir vor der Hand zwingende Gründe noch nicht vorzuliegen scheinen, und der ich in der einen Beziehung, dass die Sarkoplasten besondere Membranen haben sollen, bestimmt widersprechen muss.

Die Lücken zwischen den Fibrillen im reifen Muskel sind in dem mehrfach missverstandenen Aufsatze von Leydig über Muskelstructur[1]) deutlich bezeichnet und sehr richtig von Rollet[2]) ausführlicher beschrieben. Dass um die Muskelkerne herum bald mehr bald weniger feinkörnige Substanz liege, wird von allen Beobachtern zugegeben und ihr Stammbaum auf die embryonalen Muskelkerne zurückgeführt. Dass endlich kernhaltige und kernlose spindelförmige Lücken zwischen den Fibrillen existiren, ist eine bekannte Sache, ebenso, dass der Inhalt derselben bald wasserhell, bald körnig, endlich strotzend von Fetttröpfchen erfüllt sein kann.

In Widerspruch steht dagegen unsere Darstellung mit der dem Normalen nicht entsprechenden, zuerst von Böttcher[3]) vorgebrachten Ansicht, nach welcher in jedem Muskelprimitiv-

---

1) Dieses Archiv 1856, S. 156.

2) A. a. O. S. 19 ff.

3) Virchow's Archiv für pathol. Anatomie. Bd. 13. 1858. S. 232.

bündel mit deutlichen Wänden versehene und durch röhrenförmige Ausläufer unter einander anastomosirende, also scharf abgegrenzte Zellen vorhanden sein sollen. Eben so wenig kann sie aber als eine Bestätigung der von Stephan[1]) mit so grosser Zuversicht vorgetragenen Angaben gelten, nach welchen geformte Gebilde zwischen den Fibrillen so gründlich fehlen sollen, dass selbst die allbekannten Muskelkerne als Kunstproducte in das Reich der Täuschungen verwiesen werden. Auch mit Welcker[2]) kann ich mich nicht ganz einverstanden erklären. Derselbe hat in seiner neuesten mit A. Jahn zusammen herausgegebenen Abhandlung das Thatsächliche zwar ganz richtig beschrieben. Wenn derselbe aber bemüht ist, den bisher Muskelkerne genannten Gebilden die Bedeutung von Zellen zu vindiciren, so verweise ich ihn darauf, dass er selbst ganz richtig den Ursprung jener Kerne auf die Kerne der embryonalen Muskelfaserzelle zurückführt,[3]) die Consequenz aus seiner Ansicht also die ist, dass was früher Kern war, später, wenn auch erst nach vielfacher Theilung, Zelle geworden sei. Ganz abgesehen davon, dass im vorliegenden Falle wenig Grund zu dieser von der herrschenden abweichenden Ansicht vorliegt, indem die Muskelkerne, Welcker's Muskelkörperchen, beim Erwachsenen ebenso aussehen, wie die Kerne der embryonalen Muskelfaser: so ist vor allen Dingen hervor zu heben, dass noch keine einzige glaubwürdige Beobachtung weder im Thier- noch im Pflanzenreiche existirt, nach welcher ein Zellenkern als solcher, d. h. ohne Hinzunahme ihn äusserlich umgebenden Protoplasma's, je zu einer Zelle geworden sei. Wenn also, wie hier sicherlich der Fall ist, keine zwingenden Gründe existiren eine Ausnahme von diesem Fundamentalsatze der Zellenlehre zu statuiren, so wird es, meine ich, auch dabei bleiben, dass man das, was seit Schwann Muskelkern genannt wird, auch künftig mit diesem Namen belege, aus dem einfa-

---

1) Zeitschr. f. rationelle Medicin. 3. Reihe. Bd. X. S. 204.

2) Ebenda S. 238.

3) A. a. O. S. 258.

chen Grunde, weil diese Gebilde Theilproducte der Kerne der embryonalen Muskelzelle sind.

Wie nun aber weiter mit den eben sogenannten Muskelkörperchen?

Die Unsicherheit und Verschiedenheit, welche in der Beurtheilung solcher Gebilde, wie es die Muskelkörperchen sind, herrscht, rührt zweifelsohne zum grossen Theile her von dem Mangel einer Uebereinstimmung unter den Histiologen über das, was man eine Zelle zu nennen habe. Es gab eine Zeit, wo die herrschende Definition „bläschenförmige Gebilde mit Membran, Inhalt und Kern" genügte. Dass das jetzt nicht mehr der Fall ist, lehren die unendlichen Streitigkeiten auf einzelnen Gebieten der Gewebelehre, welche sich alle mehr oder weniger um den Begriff der Zelle drehen. Es wäre also wohl an der Zeit, einmal den Versuch zu machen, etwas Neues an die Stelle des Alten zu setzen. Es braucht sich dabei der Hauptsache nach nicht um Mittheilung neuer bis dahin unbekannter Structurverhältnisse, nicht um einen plötzlichen Umschwung in den bisherigen Anschauungen, sondern nur darum zu handeln, das wirklich Charakteristische in den Vordergrund zu stellen, das Wesentliche vom Unwesentlichen zu trennen, etwas als Lehrsatz hinzustellen, dessen Grundlagen, soweit sie zum Beweise des Satzes nothwendig, bereits allgemein bekannt sind, etwas in Worte zu kleiden, was Vielen, nur vielleicht in weniger bestimmter Form, längst vorschwebte.

Was ist das Wichtigste an einer Zelle? Da es sehr verschiedene Arten von Zellen giebt, so werden wir die Antwort mit der neuen Frage beginnen müssen: Welches sind die wichtigsten Zellen? Die wichtigsten Zellen, diejenigen, in welchen sich das Grossartige des Zellenlebens, eine unumschränkte Macht in Betreff der Gewebebildung am klarsten abspiegelt, sind offenbar die aus der Theilung der Eizelle hervorgegangenen, so zu sagen, noch zu keinem bestimmten Gewebe vereinigten Embryonalzellen (oder, wenn man will, die Eizellen selbst). In diesen Zellen ruht die Zukunft eines ganzen Organismus. Sie sind zu einer unbegrenzten Fortpflanzung durch immer neue Theilung fähig, in ihnen liegen alle

die zum Aufbau der Gewebe und der verschiedenen Organe nöthigen Kräfte. Sie sind es, das wird Niemand bestreiten, die wir als das wahre Urbild von Zellen ansehen können. Aus ihnen kann Alles werden und wird Alles, was in einem normalen und was in einem krankhaft afficirten Organismus von Formbestandtheilen vorkommt.

Welches sind nun die Bestandtheile dieser Zellen. Ihr Centrum nimmt, wie bekannt, ausnahmslos ein Kern ein, ein nahezu homogener, kugliger, leidlich fester Körper, in dessen Innerem ein stark lichtbrechendes Kernkörperchen liegt. Der Kern ist umgeben von der eigentlichen Zellsubstanz, einem zähflüssigen Protoplasma, undurchsichtig wegen der dasselbe dicht erfüllenden Körnchen eiweissartiger und fettiger Natur, zerlegbar in eine glasartig durchsichtige Grundsubstanz, welche die zähflüssige Beschaffenheit hat, die dem Protoplasma als Ganzem zukommt, und in die zahlreich eingebetteten Körnchen. Dieses Protoplasma stellt einen kugligen Klumpen dar, der durch die ihm eigene Consistenz in sich selbst zusammengehalten wird. Er ist meist in verschiedenen Tiefen etwas verschieden consistent, die Menge der ihn erfüllenden Körnchen pflegt in verschiedenen Schichten zu variiren, namentlich besteht die alleräusserste Schicht öfter nur aus der homogenen, glasartig durchsichtigen Grundmasse des Protoplasma, aber eine vom Protoplasma chemisch differente Membran besitzen diese Zellen nicht. Sie sind hüllenlose Klümpchen Protoplasma mit Kern.

Remak[1]) hat sich einst grosse Mühe gegeben, an den Furchungszellen des Froscheies eine Membran zu demonstriren. Es gelang ihm, durch Anwendung einer eigenthümlichen, aus Spiritus, Holzessig und Kupfervitriol zusammengesetzten Erhärtungsflüssigkeit von der Oberfläche der Furchungskugeln eine durchsichtige Schicht abzuheben, welche er für eine vom Protoplasma chemisch differente Membran hielt. Ich selbst habe bei Wiederholung dieser Versuche an Neunaugeneiern,[2])

---

1) Untersuchungen über die Entwickelung der Wirbelthiere. Berlin 1855. Fol. S.

2) Die Entwicklungsgeschichte von *Petromyzon Planeri*, in den

welche gleich den Froscheiern einem totalen Furchungsprozess unterworfen sind, solche membranöse Bildungen abheben zu können geglaubt und mich für die Remak'sche Ansicht ausgesprochen. Neuere Versuche haben mir jedoch die Beweiskraft dieser Methode sehr zweifelhaft gemacht. Wäre eine chemisch differente Membran an der Oberfläche der Furchungszellen vorhanden, so müsste sie sich noch auf ganz anderem Wege als durch die von Remak gebrauchten plötzlich wirkenden Erhärtungsmittel nachweisen lassen, was nicht der Fall ist. Die Ursache der Täuschung, nicht nur bei den Furchungskugeln, sondern auch bei späteren Generationen von Embryonalzellen, wie z. B. den von Remak auf Taf. XI. Fig. 5, 6, 17 in dem eben angeführten Werke abgebildeten, welche ich alle für membranlos halte, beruht in der Beschaffenheit des Protoplasma. Dasselbe besteht, wie angeführt, aus einer hyalinen, dickschleimigen Grundsubstanz, und aus eingebetteten Körnchen. Letztere fehlen oft in der äussersten Rinde, und kann dadurch der Anschein einer Membran entstehen. Unter dem Einfluss von Wasser oder anderen das Aufquellen begünstigenden Reagentien schwillt diese hyaline Grundsubstanz an, und tritt wie blasenartig über den körnerreichen Theil hervor. So muss ich nach meinen Erfahrungen die Remak'schen Abbildungen erklären. Remak selbst giebt zu (a. a. O. S. 173), dass das Aufblähen oft den Eindruck mache, als sei es nicht die Membran allein, sondern auch das Protoplasma, von welchem erstere noch nicht scharf zu scheiden. So gewiss es ist, dass sich zu irgend einer Zeit einmal die äusserste Protoplasmaschicht zu einer chemisch differenten Membran umgestalten kann, eben so sicher scheint es mir, dass während der Zeit, wo die Zellen noch als Ganzes sich durch Theilung vermehren, keine chemisch differente Membran da sei. Ich halte dafür, dass dieser Satz, wie er den Botanikern, welche den Primordialschlauch nicht für eine besondere, vom

---

Naturkundige Verhandelingen te Haarlem. Bd. XII. 1856. 4. S. 5 u. 10. Auch als besonderer Abdruck ausgegeben.

Protoplasma differente Membran halten, was wohl, beiläufig gesagt, kaum im Ernste mehr von irgend Jemand geschieht, für ausgemacht gilt, auch für die thierische Gewebelehre ein Fundamentalsatz werde. In demselben Sinne wie ich hat sich A. Ecker Remak gegenüber, wie ich aus des letzteren Werk entnehme, ausgesprochen, und dabei auf die contractilen Eizellen der Planarien verwiesen. Zweifellos sind auch diese letzteren nackte Protoplasmaklümpchen, durchaus vergleichbar den Amöben, deren vielen ich auch, trotz Auerbach's Versuchen mit Alkohol,[1]) eine Membran absprechen muss, wie unter Anderen auch Kühne bei Gelegenheit der Mittheilung seiner wichtigen Reizversuche an Amöben[2]) thut.

Die Bestandtheile der Furchungszellen waren also nach Obigem Kern und Protoplasma, und gestaltet sich unsere Definition dessen, was man eine Zelle zu nennen habe, folgendermassen: Eine Zelle ist ein Klümpchen Protoplasma, in dessen Innerem ein Kern liegt.[3]) Der Kern sowohl, als das Protoplasma sind Theilproducte der gleichen Bestandtheile einer anderen Zelle. Dies haben wir hinzuzufügen, um den Begriff des Kernes und der Zelle anderen möglicherweise ähnlich aussehenden Gebilden gegenüber festzuhalten.

Die Zelle führt ein, so zu sagen, in sich abgeschlossenes Leben, dessen Träger wieder vorzugsweise das Protoplasma ist, obgleich auch dem Kern jedenfalls eine bedeutende, freilich bis jetzt nicht näher zu bezeichnende Rolle zufällt.

Das Protoplasma ist zunächst, und das ist besonders fest-

---

1) Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. 7. S. 414.

2) Dieses Archiv, Jahrg. 1859. S. 820.

3) Hier ist anzuführen, dass auch Leydig in seinem Handbuche der Histologie S. 9 die Zellmembran, welche ich für etwas ganz Unwesentliches bei Feststellung des Begriffes Zelle halte, aus seiner Definition der Zelle weglässt, indem er sagt: „Zum morphologischen Begriff einer Zelle gehört eine mehr oder minder weiche Substanz, ursprünglich der Kugelgestalt sich nähernd, die einen centralen Körper einschliesst, welcher Kern heisst. Die Zellsubstanz erhärtet häufig zu einer mehr oder weniger selbständigen Grenzschicht, der Membran.“

zuhalten, nach aussen durch nichts weiter abgeschlossen, als durch seine eigenthümliche, von der der umgebenden wässrigen Flüssigkeit verschiedene Consistenz — es mischt sich nicht mit Wasser — und ferner durch sein, wenn ich so sagen darf, centripetales Leben, durch die Eigenthümlichkeit mit dem Kern ein Ganzes zu bilden, in einer gewissen Abhängigkeit von demselben zu stehen. So vermag sich ohne Membran die Zelle äusseren Einflüssen gegenüber bis zu einem gewissen Grade selbständig zu erhalten. Dicht an einander liegende derartige Zellen, wie die Furchungskugeln, welche von der gemeinschaftlichen Eihaut umschlossen in inniger Berührung bleiben, fliessen nicht unter einander zusammen, trotzdem das Protoplasma der einen an das der anderen stösst.

Es kann aber eintreten, dass ein solches Zusammenfliessen benachbarter hüllenloser Zellen zu Stande kommt, dass sich Zellenmassen zu einem grossen Klumpen Protoplasmasubstanz vereinigen, in dessen Innerem nur die Zahl der Kerne die der früher dagewesenen selbständigen Zellen andeutet. Es sind solcher Beispiele aus den früheren Zeiten des Embryonallebens mehrere bekannt, zum Theil freilich unsicher durch die abweichenden Angaben verschiedener Beobachter. Ich habe ein unzweifelhaftes derartiges Factum während der Entwickelung von *Planaria lactea* und *torva* innerhalb der Eikapseln beobachtet. Und täuscht mich nicht Alles, so werden hierher gehörige Fälle zahlreich aufgefunden werden, namentlich im Bereiche der Entwickelung der Bindesubstanzen, der durch Anwesenheit grösserer Mengen sogenannter Intercellularsubstanz ausgezeichneten Gewebe. Wie ich schon in meiner Schrift über die Retina[1]) angeführt habe und jetzt durch zahlreichere Beispiele belegen kann, entsteht sicher der grösste Theil der sogenannten Intercellularsubstanzen aus umgewandelter Zellsubstanz, d. h. aus Protoplasma, nicht als Secret oder äussere Auflagerung auf die

1) Observationes de retinae structura penitiori. Bonn 1859. p. 17.

Zelle, wie dies in neuerer Zeit fast allgemein geglaubt wird, sondern ganz im Sinne Schwann's durch Umwandlung des Protoplasma. Ich muss es mir auf eine andere Gelegenheit versparen, meine hierauf bezüglichen Beobachtungen beizubringen und erwähne hier nur, dass ich Remak's und Fürstenberg's,[2]) den beregten Gegenstand betreffende, zu wenig beachtete Beobachtungen im Wesentlichen bestätigen kann, nach welchen es möglich ist, entweder schon im frischen Zustande oder durch Maceration an manchen Knochen und Knorpeln die Grenzen der Zellen, welche nur durch allmählige Ausbildung von aus dem Protoplasma hervorgehenden Verdickungsschichten von einander geschieden sind, gerade so wie in einem verholzten Pflanzenzellgewebe zu erkennen.

Es giebt aber Bindesubstanzen, bei denen eine künstliche Zerlegung in primäre Zellen auf keine Weise gelingt. Bei solchen kommt, wie dies neuerdings namentlich wieder von Baur[3]) für das fibrilläre Bindegewebe behauptet worden, während ihrer Entwickelung ein Zustand vor, wo nichts als ein ursprünglich homogenes, dann fibrilläres sogenanntes Blastem mit Kernen in bestimmten Abständen gefunden wird. Baur ist bei seiner im Wesentlichen ganz richtigen Darstellung nur in denselben Fehler wie Welcker in seiner Muskelarbeit verfallen, dass er die Kerne für Zellen, „Bildungszellen des Bindegewebes", wie er sie nennt, gehalten. Der genannte Zustand des jungen Bindegewebes ist so zu deuten, dass die allmählig sich fibrillär umwandelnde Grundsubstanz das Protoplasma wandungsloser und bis zur Verschmelzung genäherter Embryonalzellen sei. Aber wie bei der Entwickelung der Muskelfasern Spuren unveränderten Protoplasma's zwischen den Fibrillen übrig bleiben und sich namentlich um die Kerne ansammeln, so bleibt auch bei den Zellen, deren Protoplasma sich in fibrilläres Bindegewebe umwandelt, ausser den Kernen noch ein wenig unverändertes Protoplasma übrig, welches erstere in freilich oft nur sehr geringer Menge um-

1) Dieses Archiv Jahrg. 1852. S. 68.

2) Ebenda Jahrg. 1857. S. 1.

3) Die Entwickelung der Bindesubstanzen. Tübingen 1858.

giebt. Das sind die gleich den Muskelkörperchen wandungslosen Bindegewebs- oder Sehnenkörperchen.

Wie vollständig die Mischung des Protoplasma der verschiedenen bei diesem Verschmelzungsprozess concurrirenden Zellen gewesen, soll nicht untersucht werden. Auch in dieser Beziehung werden gradweise Verschiedenheiten vorkommen. Vielleicht übt auch der Kern auf das ihn zunächst umgebende Protoplasma eine solche Anziehung aus, dass trotz äusserlicher Verschmelzung der Protoplasmaklümpchen jeder Kern eine Schicht des ihm ursprünglich eigenen Protoplasma behält, und somit trotz der Verschmelzung wenigstens gewisse Theile des Protoplasma ihre ursprüngliche Lage und Beziehung zu ihrem Kern behalten.

Gewebe, gebildet aus zum Theil membranlosen Zellen, die auf dem Punkte stehen unter einander zu verschmelzen, kommen bei niederen Organismen mehrfach vor. Ich glaube nicht anzustossen, wenn ich die Körpersubstanz der Süsswasserpolypen, das Gewebe mancher Spongien hierher rechne. Die Zellen haben ihre Selbständigkeit zwar noch bewahrt, aber es fehlt wenig, dass sie theilweise zusammenfliessen. Die ausserordentliche Schwierigkeit sie zu isoliren oder nur die Zellengrenzen zu erkennen, was im frischen Zustande bei grösster Aufmerksamkeit und mit den besten Vergrösserungen oft nicht gelingt, die Eigenthümlichkeit, durch Zerzupfen in Gruppen isolirt gerade eben solche amöbenartige Bewegungen auszuführen,[1]) wie es einzelne Zellen thun, spricht entschieden mindestens für eine Annäherung an den Zustand der Verschmelzung, wie wir ihn bei anderen Organismen wirklich finden. So deute ich die contractile Substanz der Schleimpilze, Myxomyceten (Mycetozoen de Bary), welche von de Bary[2]) mit grossen Amöben nicht nur verglichen, sondern geradezu identificirt wurden, als aus zahlreichen verschmolzenen hüllenlosen Zellen hervorgegangene Protoplasmamasse. Was de Bary von der feineren Structur und den Bewegungserscheinungen von *Aethalium septicum* aussagt, kann

1) Vgl. A. Ecker, Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. 1. S. 218.

2) Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. X. S. 88.

ich nach eigenen wiederholten Beobachtungen vollständig bestätigen. Besondere Zellenabtheilungen, wie in der Körpermasse von *Hydra*, existiren in den oft mehrere Quadratzoll einnehmenden Protoplasmaklumpen nicht, denn die Körnchen fliessen auf weite Strecken hin und her, was doch nicht möglich wäre, wenn auch nur die geringste Andeutung von Abgrenzung einzelner Zellen vorhanden wäre. Wir haben es hier, wie es scheint, mit einer eben so gleichförmig gemischten Protoplasmasubstanz zu thun, wie wenn die ganze Masse eine einzige Zelle repräsentirte. Auch die beiden Bestandtheile, hyaline Grundsubstanz und eingebettete Körnchen, unterscheidet man leicht, da, wie bei vielen Zellen, die hyaline Grundsubstanz eine oft ansehnlich breite Rindenschicht bildet. Dass aber unter Umständen auch hier trotz der unläugbaren Homogeneität der grossen contractilen Gebilde eine Zerspaltung in einzelnen Zellen wieder eintreten kann, lehrt de Bary's Beobachtung, nach welcher die amöbenartige Masse bei sehr allmähligem Eintrocknen langsam in zahllose runde, hartwandige, zellige Gebilde übergeht,[1]) in welchem Zustande sie die Trockenheit lange Zeit überdauert.

Dass ferner echte kleine Amöben des süssen oder salzigen Wassers, die kaum anders denn als einzellige Organismen, als zu vollständig individuellem Leben erhobene Protoplasmaklümpchen (mit Kern und allen Eigenthümlichkeiten einer Zelle) gedeutet werden können, öfter zu zweien mit einander verschmelzen, ist neuerdings von Kühne[2]) bestätigt worden. Dass dies nicht in allen Fällen und bei allen Species gleich leicht geschieht, kann uns nicht Wunder nehmen, wenn wir die Verschiedenheit in Consistenz und Resistenz, welche die contractile Protoplasmasubstanz der Rhizopoden bildet, in Betracht ziehen. Ich sage die Protoplasmasubstanz der Rhizopoden und bin damit auf ein Gebiet gerathen, auf welchem eine Verständigung im Ausdrucke und in den Anschauungen sehr noth thut. Es würde uns von unserem Thema zu

1) A. a. O. S. S. 133.
2) Dieses Archiv 1859. S. 821.

weit abführen, wenn ich hier ausführlich auf die Organisation der Rhizopoden eingehen wollte. Doch da wir vom Protoplasma und seinen Eigenschaften sprechen, halte ich es für vortheilhaft, einen Augenblick bei den Organisationsverhältnissen der genannten Geschöpfe zu verweilen, welche uns höchst auffallende Lebenserscheinungen des Protoplasma offenbaren. Es handelt sich um nichts weniger, als um eine endliche Lösung der Frage, was eigentlich die ungeformte contractile Substanz der Protozoen sei. Das Wort Sarkode ist mit Recht in Misscredit gefallen durch den viel zu weiten Gebrauch, den, Dujardin an der Spitze, viele Forscher von demselben gemacht haben. Es ist, um Missverständnisse zu vermeiden, wünschenswerth, dass es nicht weiter gebraucht werde. Dennoch ist es Dujardin als Verdienst anzurechnen, dass er ein Wort für eine Substanz erfand, welche im Wesentlichen in derselben Weise existirt, wie er sie sich vorstellte. Eine contractile Substanz, welche nicht mehr in Zellen zerlegt werden kann, auch andere contractile Formelemente, als Fasern u. dergl., nicht mehr enthält. Eine solche Substanz ist das Protoplasma der Zellen, der Inhalt pflanzlicher und thierischer Zellen, nicht der verwässerte, tropfbar flüssige Theil, wie er in grossen, namentlich Pflanzenzellen, den grössten Theil des Zellenraumes ausfüllt, sondern die zähflüssige, schleimige, mit Körnchen dicht erfüllte Masse, welche wenigstens um den Kern herum und an der inneren Oberfläche der Zellwand stets vorhanden ist, und in diesem Falle meist noch vielfache, fadenartig ausgezogene Stränge zur Verbindung entfernterer Theile bildet. In den meisten thierischen, namentlich bei allen kleinen, jungen oder auch bei grossen Zellen, wenn denselben besonders wichtige Leistungen obliegen, wie Furchungszellen, Ganglienzellen u. a. erfüllt das contractile Protoplasma die ganze Zellhöhle oder, da solche Zellen meist keine Membran haben, also von einer Zellenhöhle nicht die Rede sein kann, bildet vielmehr die ganze Zelle. Wie ich an einem anderen Orte bereits angedeutet habe,[1]) kann nach den Beobachtungen der

1) Dieses Archiv. Jahrg. 1858. S. 337.

Protoplasmabewegungen im Inneren der Zellen, z. B. derjenigen der Staubfadenhaare von *Tradescantia*, kaum ein Zweifel darüber obwalten, dass wir es hier mit einer in demselben Sinne contractilen Substanz zu thun haben, wie sie den Körper vieler Rhizopoden bildet. Dass sich schon Botaniker (Ferd. Cohn, Unger) in ähnlichem Sinne ausgesprochen haben, führte ich dort an. Die Beweise für die Verwandtschaft beider Substanzen haben sich bei fortgesetzt auf diesen Punkt gerichteten eigenen Beobachtungen nur gemehrt. Auch von anderer Seite sind mir Beiträge zur Stütze für diese meine Ueberzeugung gegeben und weitere versprochen worden, und führe ich nur an, dass W. Kühne, der zu nahe liegender Vervollständigung seiner wichtigen Untersuchungen über das Verhalten der Infusorienmuskeln und Amöbensubstanz mit denselben Mitteln, wie er sie anwandte, auch die Protoplasmabewegungen der Pflanzenzellen näher studirt hat, bereits zu Resultaten gekommen ist, welche der ausgesprochenen Ansicht günstig sind, und über welche wir hoffentlich bald das Nähere erfahren werden.

Also an Stelle des Wortes Sarkode tritt das Wort Protoplasma, und da wir mit letzterem einen ganz bestimmten Begriff verbinden, was mit ersterem nie gelungen war, so ist der Vortheil kein geringer. Wie hüllenlose, nur aus Protoplasma und Kern bestehende Zellen während ihres Lebens ganz gewöhnlich amöbenartige Bewegungen ausführen, auch wenn sie Theile eines anderen Organismus sind, oder wie das Protoplasma im Inneren starrwandiger Zellen, wo äussere Gestaltsveränderungen nicht mehr möglich sind, höchst complicirte selbständige Bewegungen ausführen kann; so dürfen wir uns nicht wundern, wenn diese Bewegungen noch lebhafter zu Tage treten an Zellen, die einzeln oder zu wenigen zusammengeschmolzen einen ganzen Organismus repräsentiren, der sich seine Nahrung selbst suchen muss, und alle die zum Leben nöthigen Variationen des Stoffwechsels, welche sonst an bestimmte Zellengruppen vertheilt sind, in sich ganz allein durchzumachen hat. So ist es mit den Amöben, so ist es mit allen auch den complicirtesten Formen der Polythalamien und

Radiolarien. Die bewegliche, in Form feiner Fäden ausstreckbare Masse, welche die Rindensubstanz des Körpers dieser Thiere bildet, welche ich so ausführlich bei den einkammerigen und vielkammerigen Rhizopoden, den Monothalamien und den Polythalamien beschrieben habe, und in Ermangelung eines besseren Namens Sarkode nennen musste,[1]) wird künftig den Namen Protoplasma führen müssen. Die Organismen sind nackte, mit durchlöcherten Schalen (wenn man will Zellmembranen, etwa der dicken Zona pellucida der Eizelle analog) umhüllte Protoplasmaklümpchen, entweder aus einer oder aus der Verschmelzung mehrerer Zellen hervorgegangen, was bei verschiedenen Arten verschieden sein wird.[2]) In ihnen hat sich eine meist gefärbte, festere, ruhende, innere Partie von einer ungefärbten, besonders beweglichen Rindenschicht geschieden, wie dies bei vielen kleinen Rhizopoden, Amöben, *Actinophrys* u. A. auch schon angedeutet ist. Die Rindenschicht tritt durch die Löcher der Schale in Form feiner Fäden überall hervor. Diese sind nackte Protoplasmafäden. Sie mischen sich eben so wenig mit dem Wasser, wie die Fäden des Protoplasma der Tradescantiazelle sich mit dem umgebenden wässrigen Zelleninhalte mischen. Wo sie aneinanderstossen, fliessen sie zusammen. Dieses oft bezweifelte, geradezu für unmöglich erklärte Factum, welches doch so überaus klar zu beobachten ist, verliert alles Räthselhafte, wenn wir den Maassstab, welchen wir an die Beurtheilung der Eigenthümlichkeiten des Protoplasma anlegen, auch hier benutzen. Manche Species zeichnen sich durch ein weicheres, zerfliesslicheres Protoplasma vor anderen aus. Wie es lebhafte Amöben (*A. diffluens*) und träge, äusserst langsam kriechende giebt, bei ersteren die Rindensubstanz feinkörnig und sehr vergänglich, bei letzteren ganz hyalin und gegen Säuren und Alkalien verhältnissmässig resistent ist, so giebt es auch bei den grösseren Rhizopoden Verschiedenheiten der Art im beweglichen Protoplasma. Am auffallendsten tritt die Verschiedenheit in der Substanz der Fäden bei den beiden von

1) Ueber den Organismus der Polythalamien. 1854. S. 19.

2) Vgl. meinen Aufsatz in dem Archiv für Naturgeschichte, herausgegeb. v. Troschel. Jahrg. 1860. S. 287.

mir beschriebenen Gromien hervor, *Gr. oviformis* und *Gr. Dujardinii.* Letztere, welche auch im Meere um Helgoland sehr häufig ist, wird eine Pein für den wartenden Beobachter, welcher gern das Spiel der Fäden sehen möchte. Die Bewegung des hier ganz hyalinen, fast starren, gegen Säuren und Alkalien sehr resistenten Protoplasma ist ungemein langsam,[1]) und die bei *Gromia oviformis* so auffallende Neigung der Fäden zum Zusammenfliessen fehlt hier ganz. Ich führe das nur an, um an unzweifelhaften Fällen von nacktem Protoplasma wieder Verschiedenheiten in Bewegung, Consistenz, chemischer Beschaffenheit und Neigung zum Zusammenfliessen mit anstossender gleicher Substanz nachzuweisen, auf welche Verschiedenheiten wir bei nackten Zellen der Gewebe höherer Thiere auch stossen. Man hat sich, worauf ich wiederholt aufmerksam mache, das Protoplasma nicht als eine so sehr leicht zerfliessliche Substanz zu denken, aus welcher Zerfliesslichkeit man die Nothwendigkeit einer Membran bei allen Zellen demonstriren könnte. Das Protoplasma hat, namentlich wo es in dichten Massen, wie in den Furchungszellen oder in den grossen Ganglienzellen des Hirns und Rückenmarkes auftritt, eine ansehnliche Widerstandskraft gegen äussere Einflüsse. Allerdings lassen sich solche Zellen, wie die letztgenannten Ganglienzellen, welche ich auch (vergl. meine Schrift über die Retina) für wandungslose Protoplasmamassen halte, schwer aus ihrer Umgebung herauspräpariren, wenn sie nicht vorher erhärtet worden, zumal sie nach dem Tode recht leicht zerfliessen, aber während des Lebens braucht man um die nackten Dinger im Hirn nicht besorgt zu sein. Ihre eigene Consistenz und die merkwürdig feine, maschige und zähe Bindesubstanz in der Umgebung schützen hier genugsam.

Aber noch ein Wort über die Rhizopodensubstanz. Mit der, wie mir scheint, unabweislichen Annahme, dass sie Protoplasma sei, fallen natürlich alle die Versuche, in dieselbe eine höhere Organisation hinein zu demonstriren. Auf Ehrenberg's abweichende Ansichten einzugehen wird man mir an

1) Vergleiche meine Schrift über die Polythalamien S. 18, 19, 55.

diesem Orte wohl erlassen. Reichert's[1]) und Leydig's[2]) Betrachtungen über möglicherweise in der Substanz der Polythalamienfäden enthaltene kleine Zellen erhalten eine bestimmte Widerlegung, wenn nachgewiesen wird, dass die Substanz derselben Protoplasma oder Zelleninhaltssubstanz ist. So wie tüchtige Histiologen sich auf das Entschiedenste widersetzt haben, die Gebilde, welche in dem Protoplasma der Chara-Zellen schwimmen, als Zellen anzuerkennen, weil Protoplasma nicht noch wieder Zellen enthalten kann, ebenso, sage ich, giebt es in dem Körper der Rhizopoden — soweit derselbe aus contractilem Protoplasma besteht — keine eingebetteten Zellen, Kerne vielleicht genug, Bläschen aller Art mit und ohne Farbstoff u. s. w., aber Zellen nur potentia, indem möglicher Weise die bewegliche Protoplasmasubstanz nicht einer Zelle ihren Ursprung verdankt, sondern vielen wandungslosen und unter einander zu einer homogenen Masse verschmolzenen. Was dagegen den festeren Kern der Rhizopoden oder die Marksubstanz betrifft, so bleibt die Möglichkeit, hier einzelne unverschmolzene Zellen nachzuweisen, offen. Man könnte sich denken, dass ein dichter Klumpen kleiner Zellen in verschiedenen Schichten eine solche Verschiedenheit besitzt, dass die Rindenzellen alle unter einander zu einer beweglichen Protoplasmamasse verschmelzen, dem gemeinsamen Mutterboden für die peripherisch auszustreckenden Fäden, während die folgenden Zellen nach der Tiefe zu gradweise immer mehr ihre Selbständigkeit gewahrt haben, endlich im Centrum noch wahre Zellen einzeln neben einander liegen und vielleicht gar bestimmte Organsysteme bilden. Warten wir ab, was neue Beobachtungen in dieser Beziehung bringen. Bei den Radiolarien scheint, den Untersuchungen E. Häckel's zufolge,[3]) so etwas vorzukommen.

Wir sind etwas ausführlicher geworden, als für unseren Zweck, über die Bedeutung der Muskelkörperchen in's Klare zu kommen, nothwendig erschienen sein wird. Worauf es uns

---

1) Dieses Archiv Jahrg. 1857, Jahresbericht, S. 4, 5.

2) Lehrbuch der Histologie. S. 16.

3) Tageblatt der Naturforscher-Versammlung in Königsberg im September 1860, S. 19.

ankam war nachzuweisen, dass hüllenlose Protoplasmamassen in der Natur eine grosse Rolle spielen, und dass zum Begriff einer Zelle nicht nothwendig eine Membran gehöre. Wir sind zu dem Resultate gekommen, dass recht wichtige, ja die wichtigsten unter allen Zellen membranlos seien, dass sie nur aus einem Kern und einem Häufchen Protoplasma rings um denselben bestehen, und ich möchte jetzt hinzufügen, dass man sogar die Behauptung vertheidigen könnte, die Bildung einer chemisch differenten Membran auf der Oberfläche des Protoplasma sei ein Zeichen beginnenden Rückschrittes, die Zellmembran gehöre so wenig zum Begriff einer Zelle, dass sie sogar als Zeichen herannahender Decrepidität oder doch wenigstens eines Stadiums zu betrachten sei, auf welchem die Zelle in den ihr ursprünglich zukommenden Lebensthätigkeiten bereits eine bedeutende Einschränkung erlitten habe. Ich erinnere nur an das eine, dass eine Zelle mit Membran als Ganzes sich nicht mehr theilen kann. Nur das in die Membran eingeschlossene Protoplasma theilt sich, wie z. B. bei den Knorpelzellen.[1]) Dadurch ist natürlich der Zelle in Betreff der Gewebebildung bereits eine nicht unwichtige Schranke gezogen. Weiss sich das Protoplasma aus dem engen Gefängniss der einschliessenden Membran wieder zu befreien, wie das z. B. bei der Verknöcherung durch Aufbruch der Knorpelhöhlen nach Resorbtion der Grundsubstanz geschieht, dann geht das alte Leben wieder lustig los. Theilung folgt auf Theilung, eine Gruppe der jungen Brut wird Mark, eine andere Bindegewebe und Blutgefässgewebe, eine dritte verdichtet sich in ihrer Rinde zu der Knochengrundsubstanz, während in den sternförmigen Höhlen das Protoplasma und die Kerne wieder in den gesetzten, ruhigen, nur dem Stoffwechsel dienenden Gang zurückkehren, den früher die Knorpelzellen schon eingeschlagen hatten. Eine Zelle mit einer vom Protoplasma chemisch differenten Membran ist wie ein enkystirtes Infusorium, wie ein gefangenes Ungethüm. Dem unbefruchteten Eie vergleichbar kann sich das Protoplasma innerhalb der

1) Dass dem bei den Pflanzen gerade so sei, bestätigen die, wie es scheint, sehr genauen Untersuchungen von Dippel, „Beiträge zur vegetabilischen Zellenbildung". Leipzig 1858.

starren Membran wohl einige Male theilen, aber der Process bleibt auf den minimalen Raum beschränkt und läuft ohne allen Einfluss auf die Umgebung ab. Doch lasst das ungestüm sich theilende, von dem noch ungestümeren Kerne stets von neuem angestachelte Protoplasma seine Hülle sprengen oder nehmt sie ihm durch Resorption, oder macht sie wie die Zona pellucida des befruchteten Säugethieres auf irgend eine Weise unschädlich — und das entfesselte Protoplasma wird zu Manches Schrecken von seiner Freiheit Gebrauch machen.

Auch bis in ihr Alter können Zellen ganz oder nur stellenweise membranlos bleiben. Brücke's Angaben über die Epithelzellen des Darmes, nach welchen an der freien Fläche derselben das Protoplasma nackt blossliegt, jedoch ausgezeichnet durch eigenthümliche stäbchenförmige Aufsätze, die sogenannte Membran mit Porencanälen halte auch ich für richtig, und finde bei manchen anderen Epithelzellen etwas Analoges.

Doch wie werden wir es nun mit den Muskelkörperchen zu halten haben? Verdienen sie den Namen von Zellen?

Ihr Kern ist Theilproduct des Kernes der embryonalen Muskelzelle. Ihr Protoplasma ist ein Theil des ursprünglichen Zellenprotoplasma. Ihre Lebenserscheinungen sind, soweit bekannt, der Art, dass wir ihnen eine hohe Bedeutung zuschreiben müssen. Wir kennen ihre Theilnahme an krankhaften Processen, z. B. der fettigen Metamorphose der Muskeln, wir wissen, dass sie bei Entzündungen, bei Pseudoplasmen, die sich in den Muskeln entwickeln, zu einer lebhaften Fortpflanzung fähig sind, dass ihre Kerne sich vielleicht theilen und eine Theilung des Protoplasma um diese Kerne zur Bildung neuer Zellen eintritt, die nun, ungleich ihrer Erzeugerin, weil meist zu schnellem Untergange verurtheilt, auch besondere Membranen bekommen. Was kann uns also abhalten, in den Muskelkörperchen wirkliche Zellen anzuerkennen?! In der That, es hiesse die Folgerichtigkeit der ganzen obigen Auseinandersetzung abläugnen, wenn wir uns sträuben wollten, den Muskelkörperchen die Bedeutung zuzugestehen, welche ihnen nach Genese, Bestandtheilen und Leistungen,

wie mir scheint, nicht nur ungezwungen, sondern selbstverständlich zufällt. Dass sie keine besondere Membran haben, darf nach allem Vorausgegangenen gegen die Zellennatur nicht geltend gemacht werden, und dass sie mit den interfibrillären Protoplasmaresten überall in Zusammenhang stehen, indem sie selbst ja nur Theile desselben darstellen, kann auch keinen Gegengrund abgeben, so wenig als es Jemandem, der dem Gange unserer Betrachtungen gefolgt ist, einfallen wird, die kernlosen, spindelförmigen Protoplasmaanhäufungen zwischen den Fibrillen mit dem Namen Zellen zu belegen. Zum Begriff einer Zelle gehört zweierlei, ein Kern und Protoplasma, und beides muss Theilproduct der gleichen Bestandtheile einer anderen Zelle sein. Beide Bestandtheile sind gleich wichtig, ein Schwinden des einen wie des anderen zerstört den Begriff der Zelle. Wenn die gefärbten Blutscheibchen des Säugethier- und Menschenblutes früher auch einen Kern besassen, so können sie doch später auf den Namen Zelle keinen Anspruch mehr machen, da ihnen der Kern fehlt, und sie durch diesen Mangel mindestens einer der charakteristischsten Eigenschaften des Zellenlebens, der Fortpflanzungsfähigkeit, verlustig gegangen sind.[1]) Ebenso wird ein nackter Kern, wie er möglicherweise mal nach Resorption oder anderweitiger Verwendung des Protoplasma im Muskelprimitivbündel übrig bleiben und abgeschlossen liegen bleiben könnte, nie Zelle heissen dürfen. Zum Kern muss, ich wiederhole es, das Protoplasma kommen. Und wenn sich dann noch, wie in den Muskeln, die Fortpflanzungsfähigkeit nachweisen lässt, so ist der Begriff der Zelle unumstösslich fest begründet.

Wir sind vorzugsweise durch die Botaniker, denen unstreitig das Verdienst zukommt, die Lehre von den einzelnen Bestandtheilen und den möglichen Metamorphosen der Zellen viel sorgsamer ausgebildet zu haben, als bis jetzt in der thierischen Gewebelehre geschehen ist, zu der Annahme gekommen, als gehöre zum Begriff der Zelle die Bläschennatur. Das ist

1) Sie haben aber auch kein Protoplasma mehr, denn die in Wasser lösliche Inhaltssubstanz der Blutscheibchen ist etwas ganz anderes als Protoplasma.

für die Pflanzengewebe insofern auch ganz richtig, als dort die Zellen verhältnissmässig sehr früh eine Membran bekommen und sobald sie sich zu Geweben verbinden, immer haben. Daher aber auch die verhältnissmässig grosse Einfachheit der Pflanzengewebe, indem überall, auch bei den complicirtesten Innenveränderungen des Protoplasma, sich die primären Membranen meist auf den ersten Blick erkennen lassen. Anders ist es in dem Thierkörper. Hier verbinden sich auch membranlose Zellen zu Geweben — und das ist die Hauptverschiedenheit zwischen pflanzlichen und thierischen Geweben. Auf dieser Thatsache beruht die ganze Schwierigkeit der Deutung Vieler der letzteren. So lange wir in dem Vorurtheil befangen bleiben, als sei die Membran, die zum Begriffe des Bläschens gehört, auch für die Zelle nothwendig, werden wir nur geringe Fortschritte in der Erkenntniss des Zellenlebens und der Zellenmetamorphosen beim Aufbau der thierischen Gewebe machen.

Befreien wir uns von diesem Vorurtheil, so folgt daraus von selbst, dass wir die Anschauung verlassen, als sei der sogenannte Zelleninhalt eine Flüssigkeit. Wässrig flüssig ist der Zelleninhalt nur in grossen, alten, mit unzweifelhafter Membran versehenen, physiologisch wenig wichtigen Zellen, und in diesen dürfte die Verwässerung in den meisten Fällen auch nicht eigentlich das Protoplasma treffen, sondern letzteres wird sich, wie bei den Pflanzenzellen, neben dem aufgenommenen Wasser selbständig halten, indem es vor allen Dingen den Kern schützend umhüllt, sich in Form von Fäden durch den Hohlraum der Zelle erstreckt und als dünne Schicht an der inneren Oberfläche der Membran sich verbreitet. In allen jüngeren Zellen aber, und im Thierkörper in den meisten Zellen während des ganzen Lebens, ist der sogenannte Zelleninhalt eine dickflüssigem Schleime vergleichbare, mit Wasser nicht mischbare und in seiner Consistenz mehr weichem Wachs als Wasser gleichenden Substanz, das Protoplasma allein. Dieses hält sich selbständig ohne einer äusseren, aus noch festerer Substanz gebildeten Membran zu bedürfen. Die Consistenz des Protoplasma ist

der Art, dass sogar eine Isolirbarkeit desselben als Ganzen sehr wohl möglich ist und bedarf es dazu keiner Membran, wie so oft behauptet worden. Man kann an den Rändern dünner Knorpelschnitte die aus den Knorpelhöhlen herausgefallenen Protoplasmaklümpchen mit Kern, die Knorpelzellen, leicht als selbständige Gebilde isoliren, namentlich wenn man die Untersuchung in Humor aqueus vornimmt, um die Integrität der chemischen Beschaffenheit des Protoplasma länger zu erhalten, die sich beim Aufenthalt in Wasser früher oder später, meist natürlich sehr schnell, verliert. Man kann die Protoplasmaklümpchen mit Kern aus den Lücken zwischen den Bindegewebsbündeln schon im frischen Zustande, viel leichter natürlich nach längerem Kochen, durch welches das Protoplasma sich verdichtet, die Grundsubstanz sich erweicht, isoliren, ohne daraus im Geringsten den Beweis einer besonderen Membran entnehmen zu dürfen. Dass bei der theilweisen Umwandlung des Protoplasma in Grund- oder Parietalsubstanz (wie Remak die Knorpelgrundsubstanz nicht übel nennt), die primären, secundären und tertiären Schichten gewisse geringe chemische Verschiedenheiten zeigen können, wird um so weniger geläugnet werden dürfen, als bei den Pflanzenzellen dergleichen sehr gewöhnlich vorkommt, und die concentrischen Ringe um die Zellen und Zellengruppen, die man an manchen Knorpeln findet, wie Gegenbaur bei *Limulus* beschreibt,[1]) ich unter anderen sehr schön an den Kopfknorpeln einer in Chromsäure erhärteten *Myxine* sah, endlich die sogenannten Knorpelkapseln mit Bestimmtheit darauf deuten. Wenn also beim Maceriren einer Bindesubstanz in verdünnten Säuren die Protoplasmaklümpchen, die in derselben erhärten, nicht allein, sondern noch mit einer Membran, im Knorpel z. B. mit der sogenannten Kapsel umhüllt, frei werden, so beweist das, wie schon Fürstenberg[2]) hervorhob, nur, dass die letzte der bei der Metamorphose des Protoplasma äusserlich aus ihm entstandenen Verdickungsschichten von den älteren Verdickungsschichten chemisch verschieden sei.

1) Abhandl. d. naturf. Ges. in Halle. Bd. IV. 1858. S. 238.
2) Dieses Archiv 1857, S. 12.

Wenn wir von der Consistenz des Protoplasma reden, so haben wir noch ein anderes, sehr verbreitetes Vorurtheil zu bekämpfen, nämlich das, als wenn nur eine Anastomose verschiedener Zellen da zu sein brauche, um sogleich ein plasmatisches Gefässsystem, saftführende Canäle, in denen eine Circulation nach Art der Blutcirculation vorhanden sei, anzunehmen. Wo wir es mit lebenden Zellen zu thun haben, ist das Protoplasma stets von so dichter Beschaffenheit, dass an eine mit Circulationserscheinungen vergleichbare Ortsveränderung nicht zu denken ist. Und weiter besteht ja gerade darin das Charakteristische des Zellenlebens, dass jedes einen Kern umhüllende Protoplasmaklümpchen seine Selbständigkeit nach aussen mit einer gewissen Hartnäckigkeit vertheidigt, also gerade dem widerstrebt, was von Manchen als Hauptfunction der Muskel- und Bindegewebskörperchen angesehen wird. Dass die Anastomosen ganz gleichgültig seien, will ich nicht behaupten, im Knochen z. B., wo sie am zahlreichsten sind, ist die Zwischensubstanz so hart und vielleicht undurchdringlich, dass hier zur Aufrechterhaltung des Stoffwechsels die Anastomosen möglicherweise absolut nothwendig sind. Aber das bestreite ich, dass die Selbständigkeit des Zellenlebens durch die Anastomosen beeinträchtigt werde, und dass im normalen Zustande, bei voller Integrität der einzelnen Zellen, die Verhältnisse auch nur annähernd wie ein plasmatisches Gefässsystem gedeutet werden dürfen. Ob, wie bei den Pflanzen, wenn die Zellenwände sich unter Ausbildung strahlig auslaufender Porencanäle verdicken, die Ausläufer benachbarter Zellen, wenn sie direct aufeinander stossen, doch noch durch die primäre Zellmembran von einander geschieden bleiben, und es also zu einer wirklichen Anastomose (wenigstens in den bei weitem meisten Fällen) nicht kommt — oder ob die primäre Zellwand fehlt,[1]) wie bei den vollständig anastomosirenden

1) Wahrscheinlich deshalb fehlt, weil sie überhaupt nie vorhanden war, indem die Zellen sich aneinander legten, ehe sie deutliche Membranen hatten, was bei den Pflanzen nicht oder nur höchst ausnahmsweise vorkommen dürfte, indem hier vor der eigentlichen Gewebebildung jede Zelle schon ihre dünne Cellulosehaut besitzt.

Zellen der Cornea oder anderer Bindesubstanzen, wird zwar einen Einfluss haben, aber die Selbständigkeit der Zellen gewiss nur in sehr geringem Grade bedrohen.

So, meine ich nun, sei es auch bei den Muskelkörperchen. Wenn auch feine Protoplasmastränge sich zwischen den Fibrillen hinziehen, welche die einzelnen grösseren Protoplasmaanhäufungen mit Kern unter einander verbinden, wenn es auch im einzelnen Falle unmöglich ist, die Grenze dieses oder jenes Muskelkörperchens genau anzugeben, d. h. zu bestimmen, wie weit etwa der Einfluss seines Kernes als Centrum des Zellenlebens reicht: so haben wir doch Gründe genug, uns dahin zu entscheiden, dass im Inneren des Primitivbündels zwischen den Fibrillen der contractilen Substanz ein Zellenleben existire. Es mag Manchem, der an das alte Schema bläschenförmiger, scharf begrenzter, vor Allem mit bestimmter Membran versehener Gebilde gewöhnt ist, schwer fallen, unseren Vorstellungen zu folgen, deren Grundlage die Annahme ist, dass zum Begriffe einer Zelle ausschliesslich ein nacktes Protoplasmaklümpchen mit Kern gehöre, und dass die Membran um dasselbe etwas Secundäres, manchen Zellen zukommendes, anderen Fehlendes, jedenfalls nichts Nothwendiges sei. Und mit dem Namen „Zelle", welcher von einem mit deutlicher Wand versehenen Bläschen hergenommen ist, lässt sich vollends unsere Definition, nach welcher wir es nur mit einer soliden Protoplasmakugel mit Kern zu thun haben, nicht vereinen. Doch den Namen beabsichtige ich so wenig zu ändern als die Grundbegriffe über Zellenleben. Was ich für wichtig halte ist allein das, dass man versuche, sich auf den in Obigem bezeichneten Standpunkt gegenüber der Begriffsbestimmung dessen, was man eine Zelle zn nennen habe, zu stellen und die Entwickelung der Gewebe von den angedeuteten Gesichtspunkten aus zu studiren. Ein erfreulicher und beruhigender Erfolg wird nicht ausbleiben.

Physiologische Untersuchungen über die quantitativen Veränderungen der Wärmeproduction.

Von

Dr. LIEBERMEISTER,

Assistenzarzte der medicinischen Klinik und Privatdocenten an der Universität Tübingen.

(Fortsetzung.)

Dritter Artikel.

Ueber die quantitativen Veränderungen der Wärmeproduction unter der Einwirkung des warmen Bades.

Ueber die Quantität der bei gehemmtem Wärmeverluste producirten Wärme sind bisher noch keine Untersuchungen angestellt worden. Die bekannten Versuche der englischen Beobachter vom Jahre 1775, die Versuche von Delaroche und Berger, die von Hoppe[1]) an Thieren und die von Mosler[2]) an einem Menschen angestellten Untersuchungen geben keinen Aufschluss über die quantitativen Veränderungen der Wärmeproduction, da die angewandten Temperaturgrade zu excessiv waren, um eine Trennung des Effectes der Hemmung der Wärmeentziehung und der Wärmeaufnahme von dem umgebenden Medium aus zu gestatten; die in einer nicht mit Wasserdampf gesättigten Luft angestellten Versuche lassen aber schon wegen der stattfindenden Wasserverdunstung keine auch nur annähernde Abschätzung der quantitativen Verhältnisse zu. Zwar schliesst Mosler aus der bei seinen Versuchen stattfindenden bedeutenden Abnahme des Körpergewichtes, dass eine „Anregung des Stoffwechsels" stattgefunden habe; doch ist ein

---

1) Virchow's Archiv. 11. Band. S. 453 ff.

2) Ueber die Wirkung lange dauernder Vollbäder von erhöhter Temperatur. Virchow, Archiv. 14. Bd. 1858.

solcher Schluss natürlich ganz ungerechtfertigt, so lange nicht nachgewiesen ist, dass die beobachtete Abnahme des Körpergewichtes im Wesentlichen auf etwas Anderem als auf dem Verluste von Wasser beruht habe. Ueber das Verhalten des Stoffwechsels und der Wärmeproduction bei gehemmter Wärmeentziehung oder bei Zufuhr von Wärme sind daher bis jetzt nur unsichere Vermuthungen möglich.

Wenn, wie im vorigen Artikel gezeigt worden ist, eine Steigerung des Wärmeverlustes eine Steigerung der Wärmeproduction zur Folge hat, und wenn innerhalb der bisher durchforschten Grenzen die Intensität der Wärmeproduction mit der Intensität der Wärmeentziehung steigt und fällt, so liegt freilich die Vermuthung nahe, dass eine Hemmung des Wärmeverlustes eine Verminderung der Production zur Folge habe. Eine solche Vermuthung würde einigermassen eine Stütze finden in der früher bereits erwähnten Beobachtung von Hoppe, dass nämlich bei Hunden, welche nach einem kalten Bade in Kautschukdecken eingewickelt wurden, ein bedeutendes Sinken der Temperatur beobachtet wird; ebenso könnte der verhältnissmässig geringe Grad der Steigerung der Körpertemperatur, welcher von mehreren der genannten Forscher beim Aufenthalt in Luft von hoher Temperatur beobachtet worden war, als eine Bestätigung dieser Vermuthung betrachtet werden; endlich würde zur Stütze einer solchen Vermuthung noch die zuerst von Crawford[1]) beobachtete Thatsache anzuführen sein, dass bei Thieren, welche sich in einem Medium befinden, dessen Temperatur die ihres Körpers übersteigt, nach einiger Zeit die Farbe des venösen Blutes sich der des arteriellen nähert. Doch können auch über diesen Punkt nur directe Versuche entscheiden.

Calorimetrische Untersuchungen über die Wärmeproduction im warmen Bade sind bei Weitem leichter anzustellen, als die im vorigen Artikel mitgetheilten Untersuchungen. Zunächst nämlich ist ein längeres Verweilen im warmen Bade nicht in

---

1) Versuche und Beobachtungen über die Wärme der Thiere u. s. w. Zweite Ausgabe. Aus dem Englischen von Croll. Leipzig 1789. Vierter Satz. S. 339 ff.

so hohem Grade unangenehm, als das ruhige Liegen im kalten Bade; ausserdem aber lassen sich manche Fehler, wie z. B. der auf der Abkühlung des Wassers beruhende, bei passender Wahl der Versuchsmethode, vollkommen umgehen. — Die Methode, nach welcher die Versuche angestellt wurden, war im Wesentlichen folgende: Wenn der ganze Körper fortwährend unter Wasser getaucht war, und wenn man im Stande war, dem Wasser eine Temperatur zu ertheilen, welche während der Dauer des Versuches immer gleich war der Temperatur der Körperoberfläche, so konnte zwischen der Körperoberfläche und dem dieselbe berührenden Wasser keine Ausgleichung von Temperaturdifferenzen stattfinden: es konnte von der Haut weder Wärme an das Wasser abgegeben, noch Wärme von dem Wasser aufgenommen werden. Die Wärme also, welche während der Dauer des Versuches producirt wurde, musste, so weit sie nicht durch den über Wasser befindlichen Theil des Gesichtes und durch die Respiration an die Luft abgegeben wurde, zur Erwärmung des Körpers verwendet werden. Das Product aus der Temperatursteigerung, welche der ganze Körper gleichmässig erfuhr, in das Körpergewicht, multiplicirt mit dem Coefficienten, welcher die mittlere Wärmecapacität des Körpers anzeigt, ergab die Anzahl der Wärmeeinheiten, welche innerhalb des Körpers zurückgehalten wurden; und wurde zu dieser Zahl die Quantität der Wärme hinzugefügt, welche durch die Lungen und den unbedeckten Theil des Gesichtes an die äussere Luft abgegeben worden war, so erhielt man die gesammte während der Dauer der Versuches producirte Wärmequantität.

Da aber die Temperatur der Haut an verschiedenen Stellen der Körperoberfläche wesentliche Verschiedenheiten darbietet, so konnte der Versuch erst richtige Resultate liefern, nachdem es gelungen war, der ganzen Körperoberfläche eine genau gleiche Temperatur zu ertheilen; und da die Bestimmung der Körpertemperatur in der Achselhöhle vorgenommen wurde, so erschien es zweckmässig, der ganzen Körperoberfläche die Temperatur der Achselhöhle zu ertheilen.

Die Temperatur der Achselhöhle wurde, da die ganze Schultergegend fortwährend von einem Medium umgeben war,

dessen Temperatur der in der Achselhöhle beobachteten sehr nahe gleich war, in diesem Falle mit fast absoluter Genauigkeit von dem Thermometer angezeigt; die Fehler bei der Bestimmung derselben reduciren sich also auf die beim Ablesen des Thermometerstandes vorkommenden Beobachtungsfehler, deren Grenzen ich in der Einleitung angegeben habe.

Ich theile zunächst den Versuch mit, welcher zuletzt angestellt wurde, da nur dieser Versuch alle zur Ausführung der Rechnung erforderlichen Data enthält. Der Versuch wurde an mir selbst angestellt; Herr Bertog führte während desselben das Protokoll.

22. Versuch. 26. Februar 1860, Vormittag.

Temperatur des Badezimmers vor dem warmen Bade = 18°, nach demselben = 17°,4.

Die Badewanne war mit 260—300 Litres Wasser gefüllt, dessen Temperatur durch ein in demselben schwimmendes in Zehntelgrade getheiltes und mit dem zur Bestimmung der Temperatur der Achselhöhle benutzten vorher genau verglichenes Geissler'sches Thermometer controllirt und durch fortwährendes Zulassen von warmem Wasser während der Dauer des Versuches möglichst genau gleich der von dem Thermometer in der geschlossenen Achselhöhle angezeigten Temperatur erhalten wurde. Das Maximum der Differenz zwischen der Temperatur der geschlossenen Achselhöhle und der Temperatur des Badewassers, welche während der ganzen Versuchsdauer vorkam, betrug 0°,2. Unmittelbar vor dem Einsteigen in das Bad betrug die Temperatur des Wassers 37°,47, sank nach $^{3}/_{4}$ Minuten auf 37°,35 und wurde dann durch Zulassen warmen Wassers auf die Höhe der Temperatur der geschlossenen Achselhöhle gebracht. Im Bade war nur die vordere Hälfte des behaarten Kopfes, so wie das Gesicht oberhalb der Oberlippe ausser Wasser. Bewegung fand während der Dauer des Versuches nur so viel statt, als zur Regulirung des Wasserzuflusses und zum Mischen des Wassers erforderlich war.

Zeit	Puls-frequenz	Respirations-frequenz	Temperatur der Achselhöhle	
11 h. 48′	87	14	37,50	Vor Beginn des Bades; entkleidet; rauchend; kein Kältegefühl.
11 h. 52′	86	13	37,54	
11 h. 56′	86	12	37,54	
12 h. 2′	88	14	37,52	
12 h. 3′	—	—	37,50	

Beginn des Bades um 12 h. 5′.

Zeit	Temperatur der geschlossenen Achselhöhle	
12 h. 5′	37,56	Im Augenblick des Einsteigens.
12 h. 5¼′	37,51	
12 h. 7½′	37,43	
12 h. 9½′	37,40	
12 h. 15′	37,47	
		Die Kugel des im Wasser schwimmenden Thermometers wird in die rechte Achselhöhle gebracht; kein Sinken des Thermometers.
12 h. 18′	37,50	
12 h. 21¼′	37,59	Die Kugel des im Wasser schwimmenden Thermometers wird zwischen beide Kniee eingeklemmt; langsames Sinken um 0°,3.
12 h. 24½′	37,70	
12 h. 26¼′	37,76	
		Das Thermometer, zwischen die Kniee gebracht, sinkt nicht ganz um 0°,1.
12 h. 28′	37,81	
		Pulsfr. 134. Respirationsfr. 14.
12 h. 32′	37,90	
		Das Thermometer, zwischen die Knie gebracht, steigt um 0°,03, bei Wassertemperatur = 37°,75.
12 h. 34½′	37,98	
12 h. 38′	38,12	Starkes Oppressionsgefühl.
12 h. 39½′	38,18	
		Puls 138. Respiration 14, tief.
12 h. 42½′	38,28	
		Starkes Pulsiren der Arterien (bei untergetauchten Ohren) hörbar. Puls 136. Respiration 16, sehr tief. Thermometer, zwischen die Kniee gebracht, steigt um 0°,07, bei Wassertemperatur = 38,33.
12 h. 48½′	38,50	

12 h. 53′: Das im Wasser schwimmende Thermometer zeigt, unter die Zunge gebracht, während der Mund geschlossen und bis zum oberen Theile der Oberlippe untergetaucht ist, 38°,61, bei Wassertemperatur = 38°,65.

12 h. 54½′	38,66	
		Puls 148. Oppressionsgefühl nicht mehr so stark als vorher.
12 h. 57′	38,73	
		Puls 140, Resp. 12, sehr tief.
1 h. ¾′	38,83	

Um 1 h. ³/₄′ Aussteigen aus dem Bade ohne Wegnehmen des Thermometers aus der Achselhöhle.

1 h. 1½′	38,87	Nass im Zimmer stehend.
1 h. 2½′	38,83	(Nass im Zimmer stehend.)
1 h. 2¾′	38,80	Beginn einer kalten Brause.
1 h. 3′	38,73	Hin- und hergehend unter Brause. Sehr geringes Kältegefühl; angenehmes Gefühl der Erfrischung.
1 h. 3½′	38,63	
1 h. 4′	38,40	
1 h. 4½′	38,30	

Zeit	Temperatur der geschlossenen Achselhöhle	
1 h. 4½′	38,30	Ende der Brause. Langsames Abtrocknen. Hemd übergehängt. Zimmertemperatur = 16°,6.
1 h. 7′	37,70	
1 h. 7¾′	37,55	
		1 h. 9½′: Puls 119. Respir. 13.
1 h. 10¼′	37,34	Anfang einer zweiten kalten Brause.
1 h. 11½′	37,38	Intensives Kältegefühl; Zittern.
1 h. 12′	37,40	
1 h. 12½′	37,40	Ende der Brause. Haut sehr stark geröthet.
1 h. 14′	37,49	Während des Abtrocknens.
1 h. 14½′	37,50	
1 h. 15½′	37,48	Während des Ankleidens; noch immer etwas
1 h. 20½′	37,33	Kältegefühl und Zittern. Puls 98.

Das Thermometer zeigte noch einige Minuten lang den zuletzt notirten Stand; die weitere Beobachtung wurde unterbrochen, da in Folge einer hastigen Bewegung beim Ankleiden das Thermometer zerbrach.

Nach vollständigem Ankleiden, im Wohnzimmer, Puls 80, Resp. 17. Beim Mittagessen etwas weniger Appetit als gewöhnlich. Nachmittags Wohlbefinden; durchaus kein Gefühl von Mattigkeit. — Das Körpergewicht betrug am Nachmittag um 5½ Uhr 51,80 Kgr.

Der Versuch zeigt in Uebereinstimmung mit den im ersten Artikel mitgetheilten Versuchen, dass, wenn die Körpertemperatur weit über die Norm gesteigert worden ist, eine starke Wärmeentziehung von der äusseren Oberfläche aus[1]) ein rapides Sinken der Temperatur der geschlossenen Achselhöhle zur Folge hat, dass aber, sobald die Temperatur wieder den normalen Stand erreicht hat, eine solche Wärmeentziehung kein Sinken, sondern sogar ein geringes Steigen der Temperatur der geschlossenen Achselhöhle bewirkt. Ausserdem zeigte sich bei diesem Versuche die auffallende Erscheinung, welche auch schon Currie, freilich unter anderen Umständen, beobachtet zu haben scheint, dass nämlich beim Uebergange aus der Luft in das warme Bad in den ersten Minuten ein deutliches Sinken der Temperatur der geschlossenen Achselhöhle stattfand. Dieses Sinken der Temperatur der geschlossenen Achselhöhle giebt, wie es scheint, ein Beispiel von dem Verhalten der Temperatur

1) Die Temperatur des zur Brause dienenden Wassers wurde an diesem Tage nicht bestimmt; 6 Tage vorher hatte dieselbe 3°,8 (Versuch 20), 4 Tage vorher 3°,4 (Versuch 21) betragen.

tiefer gelegener Körpertheile bei gewissen Einwirkungen auf die äussere Haut, welches im zweiten Artikel aus theoretischen Gründen vorausgesetzt wurde (Jahrg. 1860 S. 591). Es scheint nämlich die Berührung der Haut mit sehr warmem Wasser in ähnlicher Weise, wie die Berührung mit einem kalten Medium, im ersten Momente der Einwirkung eine Contraction der Muskeln der Haut und vielleicht auch der Gefässe zu bewirken, in Folge deren eine „Intropulsion“ des Blutes entsteht; wenigstens beobachtete Bergmann[1]) an sich selbst und an Anderen öfters, dass ein Bad von 30° R. anfangs Gänsehaut bewirke.

Für die Verwerthung des Versuches war es von grösster Wichtigkeit, den Zeitpunkt zu bestimmen, von welchem an die Temperatur der Körperoberfläche gleich der Temperatur der geschlossenen Achselhöhle und somit gleich der Temperatur des Badewassers war. Zu dem Ende wurde von Zeit zu Zeit die Kugel des im Wasser schwimmenden Thermometers in die rechte Achselhöhle und zwischen die Kniee genommen.[2]) Es

---

1) Müller's Archiv, Jahrg. 1845, S. 317, Anmerkung.

2) Die bei diesem Versuche befolgte Methode ist die einzige, vermittelst deren es gelingen kann, für die Temperatur freier Flächen des Körpers ein zuverlässiges Maass zu erhalten. Alle anderen Methoden, vermittelst deren man versucht hat, die Temperatur der Oberfläche zu bestimmen, leiden an dem Fehler, dass entweder nicht die ganze Thermometerkugel gleichmässig die zu bestimmende Temperatur annimmt und in Folge dessen die Angaben des Thermometers bei Weitem zu niedrig (oder bei höherer Temperatur des umgebenden Mediums zu hoch) ausfallen, oder dass die freie Fläche durch Bedekkung oder durch Umwandlung in eine Höhle (Achselhöhle, Hohlhand) eine Temperatur erhält, welche sehr verschieden ist von der zu bestimmenden Temperatur. Ich bin überzeugt, dass die für diesen bestimmten Fall sehr nahe liegende Methode auch für andere Fälle einen grossen Werth erlangen wird; namentlich wird es möglich sein, nach dieser Methode über die bisher durchaus ungenügend erforschten Verhältnisse der Temperatur der Oberfläche im Frost-, Hitze- und Schweiss-Stadium von Fieberanfällen, über die Verschiedenheiten der Temperatur der Oberfläche bei schweren Circulationsstörungen, bei Entzündungen oberflächlich gelegener Theile, über die Temperatur der Haut im Stadium algidum der Cholera u. s. w. Aufschlüsse zu erhalten, die ein grosses theoretisches und vielleicht auch praktisches Interesse darbieten würden. Man würde die Bestimmung der Temperatur einer Stelle

zeigte sich, dass die Ausgleichung der Temperatur der rechten Achselhöhle bereits erfolgt war zu einer Zeit, als noch ein

---

der äusseren Haut, z. B. der Oberfläche eines Fingers, etwa in folgender Weise ausführen: In ein nicht zu kleines Gefäss bringt man Wasser, dessen Temperatur möglichst nahe gleich ist der vorauszusetzenden Temperatur der zu untersuchenden Fläche; in dieses Wasser wird die Kugel eines empfindlichen Thermometers eingetaucht, und, wenn das Thermometer die Temperatur des Wassers anzeigt, berührt man die Thermometerkugel unter Wasser während einiger Secunden in möglichst grosser Ausdehnung mit der Oberfläche des Fingers. Ist die Temperatur der berührenden Hautstellen nicht sehr nahe gleich der vom Thermometer angezeigten Temperatur des Wassers, sondern z. B. höher, so wird in Folge der Berührung ein Steigen des Thermometers erfolgen, und man kann dann mit Sicherheit schliessen, dass die Temperatur der zu prüfenden Hautstelle höher ist, als der nach der Berührung von dem Thermometer angezeigte Grad. Wählt man dann eine höhere Temperatur des Wassers und findet bei der Berührung der Thermometerkugel, dass das Thermometer sinkt, so ist mit der gleichen Sicherheit nachgewiesen, dass die Temperatur der zu prüfenden Hautfläche tiefer liegt, als der zuletzt von dem Thermometer angezeigte Temperaturgrad. Man erhält auf diese Weise zwei Werthe, zwischen denen jedenfalls der zu suchende Temperaturgrad liegt. Durch zweckmässige Fortsetzung der Untersuchung würde man diese Grenzwerthe einander beliebig nähern und der Temperaturbestimmung jeden geforderten Grad von Genauigkeit geben können, wenn nicht allmälig in Folge der Berührung des Theiles mit Wasser die Temperatur desselben wesentlich verändert würde; aus diesem Grunde wird, wenn man nicht bei der ersten Bestimmung eine einigermassen passende Temperatur des Wassers gewählt hat, der Versuch oft nur einen oberen oder einen unteren Grenzwerth ergeben. Man kann aber durch Anstellung von Vorversuchen das vollkommene Gelingen einigermassen sicherstellen. Beabsichtigt man z. B. die Temperatur der Oberfläche eines Fingers der rechten Hand zu bestimmen, so führt man zunächst als Vorversuch eine oberflächliche Bestimmung der Temperatur eines oder mehrerer Finger der linken Hand aus; geht man dann zur Bestimmung der Temperatur der gewählten Hautfläche über, so wird man vor dem ersten Eintauchen die Temperatur des Wassers so wählen können, dass die Bestimmung einen hohen Grad von Genauigkeit erhält. Einige, bisher freilich nur wenig zahlreiche, in dieser Weise angestellte Versuche haben mir durchaus befriedigende Resultate ergeben; zuweilen gelang es nach einer genügenden Zahl von Vorversuchen, die Temperatur des Wassers so zu wählen, dass im entscheidenden Versuche beim ersten Eintauchen weder ein Steigen noch ein

deutliches Sinken des zwischen die Kniee eingeklemmten Thermometers stattfand.

Machen wir vorläufig die für die erste Zeit des Versuches jedenfalls unrichtige Voraussetzung, dass die in jedem einzelnen Zeitintervalle beobachtete Steigerung der Temperatur der geschlossenen Achselhöhle einer gleichmässigen Steigerung der Temperatur des ganzen Körpers entsprochen habe, welche nur auf Rechnung der während dieser Zeit stattfindenden Wärmeproduction zu setzen sei, so muss aus der Zusammenstellung der als Wärmeproduction in den einzelnen Intervallen erhaltenen Werthe der Zeitpunkt sich ergeben, von welchem an jene Voraussetzung richtig wird, sobald wir die Wärmeabgabe an die Luft vernachlässigen. Es muss dieser Zeitpunkt dann eingetreten sein, wenn die für gleiche Zeiträume berechneten Wärmequantitäten positive und annähernd gleiche Werthe erhalten; und wir können, wenn dies sich herausstellt, voraussetzen, dass von diesem Zeitpunkte an die Temperatur aller inneren und äusseren Körpertheile sehr nahe gleich der Temperatur des Wassers war, und dass eine Temperaturausgleichung zwischen dem Wasser und der Körperoberfläche nicht mehr stattfand.

Zu einer Berechnung der während der einzelnen Intervalle des Versuches producirten und zur Steigerung der Körpertemperatur verwendeten Wärmequantitäten ist die Kenntniss der mittleren Wärmecapacität des Körpers unumgänglich nothwendig. Die bisher von Crawford, Kirwan, Dalton, J. Davy ausgeführten Untersuchungen über die Wärmecapacität einzelner thierischer Substanzen sind zu einer genauen Ermittelung dieser Grösse nicht ausreichend; doch ergiebt sich aus den Bestimmungen der genannten Forscher mit einiger Sicherheit, dass die mittlere Wärmecapacität des menschlichen Körpers zwischen 0,80 und 0,85 liegt. Ich habe, wie bei den frü-

---

Sinken des Thermometers stattfand; in einem solchen Falle ist die zu bestimmende Temperatur sehr nahe gleich der Temperatur des Wassers. Statt des Wassers könnte natürlich auch jedes andere Medium dienen, dessen Temperatur schnell genug nach Willkür innerhalb der erforderlichen Grenzen verändert und mit Hülfe des Thermometers bestimmt werden kann.

heren, so auch bei den folgenden Berechnungen den Werth 0,83 zu Grunde gelegt und daher die Wärmecapacität meines 51,8 Kgr. schweren Körpers gleich der von 43 Kgr. Wasser gesetzt. Die nachstehende Zusammenstellung giebt die unter dieser Voraussetzung berechneten Werthe. Wir haben aber auch in diesem Falle zu berücksichtigen, dass wegen der geringen Ausdehnung der einzelnen Intervalle eine einigermassen genaue Uebereinstimmung nur dann erwartet werden kann, wenn mehrere kleinere Intervalle zu grösseren zusammengefasst werden. In der letzten Columne sind die durch Zusammenziehung der Intervalle erhaltenen Mittelwerthe verzeichnet.

Dauer des Versuches	Quantität der Wärme, welche während 1 Minute zur Erwärmung des Körpers verwendet wurde	
0′ — 3/4′	− 2,9 Cal.	− 2,9 Cal.
3/4′ — 2 1/2′	− 2,0 „	− 2,0 „
2 1/2′ — 4 1/2′	− 0,6 „	− 0,6 „
4 1/2′ — 10′	+ 0,5 „	+ 0,5 „
10′ — 13′	+ 0,4 „	„
13′ — 16 1/4′	+ 1,2 „	+ 1,2 „
16 1/4′ — 19 1/2′	+ 1,5 „	„
19 1/2′ — 21 1/4′	+ 1,5 „	+ 1,4 „
21 1/4′ — 23′	+ 1,2 „	„
23′ — 27′	+ 1,0 „	„
27′ — 29 1/2′	+ 1,4 „	+ 1,4 „
29 1/2′ — 33′	+ 1,7 „	„
33′ — 34 1/2′	+ 1,7 „	„
34 1/2′ — 37 1/2′	+ 1,4 „	„
37 1/2′ — 43 1/2′	+ 1,6 „	„
43 1/2′ — 49 1/2′	+ 1,1 „	+ 1,3 „
49 1/2′ — 52′	+ 1,2 „	„
52′ — 55 3/4′	+ 1,1 „	„

Obwohl die Werthe für die kleineren Intervalle grosse Schwankungen darbieten, so geht doch aus denselben deutlich hervor, dass spätestens nach Ablauf von $16^1/_4$ Minuten das stationäre Verhältniss vorhanden war, nach dessen Eintritt die Erwärmung des Körpers für alle Theile so gleichmässig stattfand, dass die Beobachtung der Temperatur einer einzelnen Körperstelle einen Schluss auf die Quantität der Wärmeproduction zulässt. Die genaue Uebereinstimmung der Zahlen der letzten Columne beruht zum Theil auf der willkürlichen und zweckmässigen Auswahl der zusammenzuziehenden Intervalle; aber auch wenn man die Zusammenziehung in irgend einer

anderen Weise vornähme, so würde, vorausgesetzt dass die Intervalle gross genug genommen werden, eine genügende Uebereinstimmung der Resultate sich ergeben. Die Zusammenstellung zeigt, dass in einem Bade, dessen Temperatur allmählig von 37°,4 bis 38°,8 gesteigert wird, bei einem Körpergewicht von 51,8 Kgr. ausser der durch die Lungen und den unbedeckten Theil des Gesichtes abgegebenen Wärmemenge in jeder Minute 1,3 bis 1,4 Cal. producirt werden. Unter Berücksichtigung der Frequenz und Tiefe der Respiration, der Differenz der Temperatur des Körpers und der äusseren Luft, so wie des Umstandes, dass die oberhalb des Badewassers befindliche zur Inspiration dienende Luft eine höhere Temperatur besass und vollständiger mit Wassergas gesättigt war, als die übrige Luft des Baderaumes, ergiebt sich aus einer überschlägigen Rechnung, dass die an die Luft abgegebene Wärmequantität trotz der gesteigerten Temperatur des Körpers nicht wesentlich grösser sein kann, als die unter gewöhnlichen Verhältnissen durch Gesicht und Lunge abgegebene. Wir erhalten daher das Resultat, dass im Bade von 37°,4 bis 38°,8 innerhalb der Dauer des Versuches eine geringe Steigerung der Wärmeproduction stattfindet. — Es geht ferner aus dem Versuche hervor, dass ungefähr eine Viertelstunde erforderlich ist, bis in einem Bade, dessen Temperatur immer der in der geschlossenen Achselhöhle beobachteten Temperatur gleich ist, eine vollständige Ausgleichung der Temperatur aller Körpertheile stattgefunden hat.

Ich schliesse einen anderen schon lange Zeit vorher angestellten Versuch an, dessen Resultate nur mit Hülfe der Data des eben mitgetheilten Versuches berechnet und mit den Resultaten dieses letzteren verglichen werden können.

23. Versuch. 13. Juni 1859. Nachmittag.

Der Versuch wurde im Wesentlichen in derselben Weise angestellt, wie der 22. Versuch; doch wurde der Stand des Thermometers in der Achselhöhle nur zu Anfang und zu Ende des Bades aufgezeichnet. Die Temperatur des Badewassers wurde fortwährend sehr nahe der Temperatur der Achselhöhle erhalten; das Maximum der Differenz betrug 0°,1. Vor Beginn des Versuches zeigte das in die Achselhöhle eingelegte Thermometer während längerer Zeit 37,90, nach einer Dauer

des Bades von 40 Minuten 38,78. Während des Bades betrug die Pulsfrequenz 120 Schläge in der Minute. Nach dem Aussteigen aus dem Bade blieb der Stand des Thermometers bei einer Lufttemperatur von 24°,5 etwa eine Minute lang auf der früheren Höhe und fiel dann im Laufe einer Viertelstunde während des langsamen Abtrocknens und Ankleidens bis auf 37,92; während dieser Zeit war Schweiss vorhanden. $^3/_4$ Stunden nach dem Bade, nachdem ich bereits eine Viertelstunde lang ruhig gelegen und gelesen hatte, zeigte das Thermometer in der Achselhöhle 37,42. Mein Körpergewicht schwankte zu dieser Zeit zwischen 51 und 51,5 Kgr.

Setzen wir voraus, dass auch bei diesem Versuche erst nach Ablauf einer Viertelstunde die Ausgleichung der Temperatur erfolgt sei, und dass bis zu dieser Zeit noch kein wesentliches Steigen der Temperatur der Achselhöhle stattgefunden habe, so betrug, abgesehen von der an die Luft abgegebenen Wärme, die während der letzten 25 Minuten producirte Wärmequantität $51 \cdot 0,83 \cdot (38,78-37,90) = 37,3$ Cal., und die in einer Minute producirte Quantität 1,5 Cal.

Wir finden also aus beiden Versuchen übereinstimmend, dass im Bade von 37°,4 bis 38°,8 die Wärmeproduction um ein Geringes die unter gewöhnlichen Verhältnissen stattfindende mittlere Production übersteigt. Da aber ohne Zweifel auch unter gewöhnlichen Verhältnissen die Intensität der Wärmeproduction bei verschiedenen Individuen und zu verschiedenen Zeiten verschieden ist, und da wir statt eines Mittelwerthes für die normale Production nur gewisse Grenzwerthe aufzustellen im Stande sind, so ist bei der geringen Grösse der gefundenen Steigerung noch nicht mit genügender Sicherheit nachgewiesen, dass die Wärmeproduction während des warmen Bades grösser gewesen sei, als die unter gewöhnlichen Verhältnissen zu derselben Tageszeit und bei annähernd gleicher geistiger und körperlicher Beschäftigung stattfindende Production. Jedenfalls ist, da während der Versuche die Körpertemperatur eine beträchtliche Steigerung erlitt und das Allgemeinbefinden wesentlich gestört war, durch dieses Resultat keineswegs die zu Anfang dieses Artikels ausgesprochene Vermuthung widerlegt, dass nämlich eine mässige Beschränkung des Wärmeverlustes, bei welcher

eine bedeutende Steigerung der Körpertemperatur vermieden würde, eine Verminderung der Wärmeproduction bewirken könne. Vielleicht würde nach einer ähnlichen Methode, wie die im 18. und 19. Versuche angewandte, diese Frage sich entscheiden lassen, obwohl bei einer höheren Temperatur des Wassers der durch die spontane Abkühlung bedingte Fehler nur schwer eine hinreichend genaue Correction zulassen dürfte. Da mir in der nächsten Zeit die Vorrichtungen fehlen, welche zu dergleichen Versuchen erforderlich sind, so muss ich die Entscheidung dieser in theoretischer und praktischer Beziehung äusserst wichtigen Frage auf günstigere Gelegenheit hinausschieben, oder sie überhaupt anderen Forschern, denen die Gelegenheit geboten ist, überlassen. Vorläufig besitzt schon das bisher erreichte Resultat einige Wichtigkeit. Wenn wir die enorme Steigerung der Pulsfrequenz berücksichtigen, welche durch das heisse Bad hervorgerufen wurde, so zeigt die gleichzeitig stattfindende nur sehr geringe Steigerung der Wärmeproduction in möglichst directer Weise, dass der Zusammenhang zwischen Pulsfrequenz und Wärmeproduction nicht der Art ist, wie er, einer veralteten aus der iatromechanischen Periode überkommenen Anschauungsweise gemäss, trotz der Fortschritte der Lehre von der thierischen Wärme auch noch in unserer Zeit von vielen Forschern aufgefasst wird.

* *
*

Zum Schlusse dieser drei Artikel lasse ich vorläufig noch eine übersichtliche Zusammenstellung der Werthe folgen, welche die Wärmeproduction unter den verschiedenen dem Versuche unterworfenen Verhältnissen annimmt; die weitere Verwerthung der Resultate wird in einem der folgenden Artikel geschehen. Die Zahlen sind für einen Menschen von mittlerem Körpergewichte berechnet, und es wurde, so weit es durch Abschätzung möglich ist, auch diejenige Wärmequantität berücksichtigt, welche bei den Versuchen von dem freien Theile des Gesichtes und durch die Respiration an die Luft abgegeben wurde.

In einer Minute werden producirt:

Unter gewöhnlichen Verhältnissen im Mittel	1,8	Cal.	
Im Vollbade von 37°,4—38°,8	2,2	„	. Versuch 22 und 23.
Im Sitzbade von 6°—15° . .	2,6	„	(?) Johnson.
Bei unmittelbarer Berührung der ganzen Körperoberfläche mit Luft von 12°—22°	2,7	„	(?) Versuch 1, 2, 4, 6, 8, 13, 14, 15.
Im Vollbade von 30° . . .	3,5	„	. „ 17.
„ „ „ 24°,5—25° .	4,9	„	. „ 19.
„ „ „ 22°—23°. .	6,4	„	. „ 18.
„ „ „ 20°—21°. .	7,6	„	. „ 16.
„ „ „ 4°— 8°. .	18,0	„	. Currie.

Ueber die Musculatur des Herzens beim Menschen und in der Thierreihe.

Von

Dr. August Weismann in Frankfurt a. M.

(Hierzu Taf. I.—III.)

Die Elemente des Herzmuskels vom Menschen, welche man bisher mit dem Namen Primitivbündel belegte, bieten mannigfache Eigenthümlichkeiten dar, welche sie von den Primitivbündeln der übrigen Muskeln unterscheiden. Die auffallendste darunter ist ihre Verästelung und Anastomosenbildung, welche seit Kölliker als ein Hauptcharakteristikum der Primitivbündel des Herzens gegolten hat. Es ist die Aufgabe der vorliegenden Arbeit, zu zeigen, dass die Muskelbündel des Herzens den Primitivbündeln der übrigen Muskeln überhaupt nicht entsprechen, sondern auf ganz andere Weise zu Stande kommen als diese, dass man mithin am besten die Bezeichnung von „Primitivbündeln“ für die musculösen Elemente des Herzens ganz fallen lässt.

Die Primitivbündel des Herzens unterscheiden sich nach Kölliker[1]) von denen der willkürlichen Muskeln durch ihre

1) Handbuch der Gewebelehre. S. 536.

geringere Dicke, durch ihr sehr zartes, ja selbst gar nicht nachweisbares Sarkolemma, durch das bekannte körnige Aussehen und durch ihre Anastomosen. Ich möchte hier gleich noch auf einige weitere Verhältnisse hindeuten, die auf einen tieferen Unterschied zwischen den Elementen beider Muskelarten schliessen lassen. Wenn wir mit Remak,[1]) Lebert[2]) und Kölliker[3]) ein Primitivbündel als das Aequivalent einer einzigen Zelle betrachten, als ein Gebilde, dessen Haupteigenthümlichkeit eben darin besteht, dass es primitiv, d. h. aus Einem histologischen Element enstanden ist, so ist es von vorn herein nicht wohl möglich, diesen Namen auf die vielfach anastomosirenden, endlosen Muskelbündel des Herzens anzuwenden. Ein Primitivbündel hat seine beiden Ansätze, mit welchen es zwar eng und fest verbunden, gegen welche es aber auch bestimmt abgegrenzt ist, es läuft von Sehne zu Sehne (den Ausdruck allgemein genommen, als bindegewebiger Ansatzpunkt). Am Herzen giebt es aber Ansatzpunkte nur an seinem oberen Ende, an den Ostia venosa, an der Aorten- und Pulmonalismündung, die Muskelzüge beschreiben zum Theil grosse Schleifen oder Achtertouren um die Spitze des Herzens herum wieder nach oben. Man kann schon deshalb nicht annehmen, dass Bündel von so complicirtem Verlauf aus Einer Zelle sich entwickelt haben sollten, um so weniger, als sie niemals isolirt verlaufen, sondern vielfache Anastomosen mit ihren Nachbarn bilden. Es entsteht auf diese Weise ein so dichtes Geflecht, dass es auch in dem kleinsten Stückchen Herzmuskel, welches man unter dem Mikroskop betrachtet, nicht gelingt, ein sogenanntes Primitivbündel eine längere Strecke hin zu verfolgen, man geräth bei der fortwährenden Anastomosenbildung stets in Verlegenheit, welche Partie man als Fortsetzung des beobachteten Bündels zu betrachten hat.

---

1) Ueber die Entwickelung der Muskelprimitivbündel. Froriep's Notizen No. 768.

2) Recherches sur la formation des muscles dans les animaux vertébrés. Ann. des Sciences natur. 3. Série. t. 11. p. 349.

3) Entwickl. d. Muskelfaser der Batrachier. Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. IX. S. 141.

Wird somit schon bei der einfachen Betrachtung des Gewebes wahrscheinlich, dass hier ein ganz eigenthümlicher Entwickelungsgang zu Grunde liege, so erhält die Sache doch erst durch die Beobachtung der histologischen Structur des Herzens in der Thierreihe und seiner embryonalen Entwickelung ihre vollkommene Klarheit.

Für die Wirbelthiere nahm man bisher an, dass, ganz wie beim Menschen, sich häufig verästelnde und anastomosirende Primitivbündel den Herzmuskel zusammensetzten. Durch ein mehr gekörneltes Ansehen, eine geringere Breite sollten sie sich von den Muskeln, welche dem Willen unterworfen sind, unterscheiden, „sowie dadurch, dass fast kein Bindegewebe zwischen den Primitivbündeln sich findet (Leydig, Histolog. S. 410).

Für Säugethiere und Vögel kann ich eine dem menschlichen Herzen ganz analoge Zusammensetzung bestätigen, allein schon bei den Amphibien zeigen sich bedeutende Unterschiede. Am frischen Herzen des Frosches lassen sich durch Zerreissen in Wasser blasse, körnige Muskelbalken von verschiedener, in der Regel aber ziemlich erheblicher Dicke darstellen, welche sich vielfach theilen und mit einander verbinden, so dass ein dichtes Geflecht zu Stande kommt. Auf Zusatz von Essigsäure treten zahlreiche, in jeder Tiefe des Balkens liegende, ovale Kerne hervor, zugleich quillt die contractile Substanz auf und wird blass und es erscheinen eine Menge von Längsstreifen, welche häufig im spitzen Winkel auf einander treffen. Diese Streifen lassen bereits die eigentliche Structur des Muskelbalkens erkennen, indem sie nämlich die Conturen der Zellen sind, aus welchen der Balken zusammengesetzt ist (Fig. I.). Behandelt man den Herzmuskel des Frosches mit der Kalilösung[1]) von 35pCt., so zerfällt er nach kurzer Zeit in meist einkernige Zellen mit quergestreiftem Inhalt. Diese sind im Ganzen von spindelförmiger Gestalt, doch meist

1) Das Genauere über die Einwirkung dieser Lösung auf Muskelgewebe ist in meiner Arbeit über das Wachsen der quergestreiften Muskeln angegeben. Zeitschr. f. rat. Med. 3. Reihe. Bd. X. S. 264.

ziemlich unregelmässig gebildet, in mehrere Spitzen auslaufend, zwei- oder dreizinkig, überhaupt mehr oder weniger von der Grundform abweichend (Fig. II.), bald schmal und nicht breiter als der ovale Kern (0,00357‴) (Fig. II. a und b), bald breit und dann ganz dünn, blattartig mit buchtigen Rändern und von einzelnen dickeren Streifen contractiler Substanz durchzogen, ähnlich wie ein Blatt von seinen Rippen; manchmal auch sendet eine solche platte, breite Zelle noch schmale Ausläufer von ziemlicher Länge aus (Fig II. f.) Stets enthalten die Zellen wenigstens Einen ovalen Kern mit Kernkörperchen, zuweilen auch deren zwei (Fig. II. g). Die Länge der Kerne beträgt 0,0053‴, ihre Breite 0,00357‴, die Länge der Zellen schwankt bedeutend, von 0,0505‴ bis zu 0,1011‴ und ebenso die Breite von 0,00357‴ bis 0,0297‴. Ihre Dicke ist überall nur gering, sie sind alle mehr oder weniger platt, am dünnsten sind die breiten blattähnlichen Zellen, welche, auf der Kante stehend, dünnen Fasern von etwa 0,00058‴ Durchmesser gleichen. Allein auch an diesen lässt sich eine feine Querstreifung meist über ihre ganze Fläche hinziehend deutlich erkennen; gegen den Kern hin, oft auch an den Rändern her ziehen die vorhin erwähnten dickeren Streifen contractiler Substanz mit dunklerer Querstreifung (Fig. II. f und g).

Diese Zellen stellen die Muskelbalken her, indem sie sich nach Art der musculösen Faserzellen der organischen Muskeln aneinander legen und durch den an anderer Stelle bereits besprochenen Gewebekitt[1]) zusammengehalten werden, dessen allgemeine Verbreitung sich auch durch dieses Beispiel wieder von Neuem bestätigt. Die Muskelbalken des Ventrikels und der Vorhöfe verhalten sich ganz gleich, die Zusammensetzung des Truncus arteriosus aus „einfach verlängerten Zellen mit quergestreiftem Inhalt“ ist bereits von Leydig (Histologie S. 410) nachgewiesen worden. Die Zellen des Truncus arteriosus unterscheiden sich von denen des Herzens nur durch ihre regelmässigere Gestalt, sie sind meistens einfach spindelförmig (Fig. III. a und b).

---

1) A. a. O. S. 265.

Die Isolirung der Zellen gelingt mittelst der Kalilauge äusserst leicht; beim Zerzupfen kleiner Stückchen erhält man immer viele, welche frei umherschwimmen und deren Ausläufer und Zacken vollkommen erhalten sind. Häufig auch findet man einzelne Balken, deren Zellen zwar von einander gelöst sind, aber doch noch die ursprüngliche Lagerung beibehalten haben. Es lässt sich alsdann deutlich beobachten, wie die unregelmässigen Aeste und Zacken der einen Zelle in die Zwischenräume und Ausbuchtungen der anderen genau hineinpassen. Die Aeste der Zellen entsprechen nicht immer den Verzweigungen der Balken, sondern sie kommen auch mitten in gerade verlaufenden Balken vor, an der Theilungsstelle eines Balkens aber theilt sich regelmässig auch die Mehrzahl der ihn constituirenden Zellen; geht von dem Balken ein Ast rechtwinklig ab, so zeigen auch die Zellen rechtwinklige Ausläufer, oder erleiden einfach eine rechtwinklige Knickung (Fig. II. k).

Eine gemeinsame Hülle besitzen die Muskelbalken nicht und auch Bindegewebe findet sich nur sehr spärlich in den Maschenräumen; Capillaren aber oder überhaupt eigene Blutgefässe fehlen gänzlich. Hyrtl[1]) hat vor zwei Jahren bereits die Entdeckung gemacht, dass das Herzfleisch der Amphibien, wie auch der grossen Mehrzahl der Fische keine ernährenden Gefässe besitze, sondern dass hier die Muskelbalken ein Fachwerk bilden, „dessen Lücken den Hohlräumen eines cavernösen Baues gleichen und dem Herzblut gestatten, in die Muskelwand des Herzens bis zu einer gewissen Tiefe einzudringen und die Fleischbalken der Wand zu umspülen.“ Hyrtl hat durch mikroskopische Injectionen diese eigenthümlichen Verhältnisse nachgewiesen, indessen ist es nicht schwer, auch ohne Injectionen sich von dem Fehlen der Capillaren zu überzeugen. Denn hat man ein Stück Froschherz in der Kalilauge macerirt, entfernt dann zuerst den Perikardialüberzug, der sich ganz leicht loslösen lässt und zerzupft das Herzfleisch selbst, so findet man kein einziges Capillargefäss zwischen den sich isolirenden Zellen, wohl aber viel geronnenes Blut, welches in

1) Ueber gefässlose Herzen. Wien. Sitzungsberichte XXXIII. 572.

unregelmässigen wurstförmigen Stücken zwischen den Balken eingelagert ist.

An Querschnitten vom getrockneten Herzen, welche nicht in Wasser, sondern in Kalilauge von 35 pCt. aufgeweicht wurden, lässt sich ebenfalls die directe Umspülung der Balken mit Blut und der Mangel von Gefässen klar erkennen. Man sieht dann die Lücken, welche zwischen den Balken bleiben, von rothbraunen Blutresiduen von unregelmässiger Gestalt ausgefüllt (Fig. IV. c c).

Was den Querschnitt der Balken selbst angeht, so ist dieser, wie bereits bemerkt wurde, von keiner gemeinsamen Hülle umgeben, die Zellen liegen ziemlich dicht aneinander, ihr Querschnitt ist von rundlicher oder ovaler oder auch unregelmässiger Gestalt (Fig. IV.).

Die von Reichert angegebenen Reagentien zur Isolirung der Faserzellen organischer Muskeln, Salz- oder Salpetersäure von 20 pCt., zerlegen auch die Balken des Froschherzens in Zellen, indessen bedarf es häufig nicht einmal eines besonderen Reagens, um sie nachzuweisen. Wenn das Gewebe etwas sorgfältig mit Wasser zerzupft wird, so sieht man schon sehr oft an den abgerissenen Enden der Balken einzelne Zellen hervorstehen, in manchen Fällen sogar ganze Büschel von Zellen (Fig. I.) und besonders bei Herzen, welche schon einen Tag gelegen haben, gelingt es gar nicht selten, einzelne durch blosses Zerzupfen vollkommen zu isoliren (Fig. II. m.)

Die Herzmusculatur des Frosches besteht also aus einem Geflecht anastomosirender Muskelbalken, welche ihrerseits wieder aus Zellen zusammengesetzt sind. Diese werden nicht durch eine gemeinsame Umhüllungsmembran zusammengehalten, sondern lediglich durch die sie verkittende Zwischensubstanz. Die Balken verdienen demnach gewiss nicht die Bezeichnung von Primitivbündeln, sondern dem Primitivbündel entspricht nur eine jede der den Balken zusammensetzenden Zellen.

Ganz ebenso wie beim Frosch verhält sich das Herz der übrigen Amphibien, nur die Gestalt der Zellen verändert sich theilweise. So z. B. bei *Triton*, wo die grosskernigen Zellen meist vier lange und schmale Ausläufer absenden (Fig. V. d).

Auch bei einigen Reptilien wiederholte sich dieselbe Structur. So bei *Lacerta agilis*, deren Zellen nur unbedeutend von denen des Frosches abweichen. Bei *Coluber natrix* dagegen liessen sich viele Balken des Herzens nicht mehr, oder nicht mehr vollständig in Zellen trennen; dieselben waren theilweise zusammen verwachsen und bildeten so Bündel von verschiedener Dicke, indem ein jeder Balken durch lange und zahlreiche Längsspalten in Bündel zerklüftet war. Die Zusammensetzung der Bündel aus Zellen liess sich auch da, wo die Verschmelzung vollständig zu Stande gekommen, sehr wohl erkennen, die Grenzlinie zwischen den Zellen war meistens noch deutlich sichtbar. In seltenen Fällen gelang es, eine Zelle zu isoliren (Fig. V. e). So das Verhalten bei Behandlung mit der Kalilösung; ohne Reagentien sieht man hier wie beim Frosch die Muskelbalken quergestreift und zugleich von Längsstreifen durchzogen. Bei Zusatz von Essigsäure wird eine lockere bindegewebige Schicht mit kleinen Kernen deutlich, welche die Balken umgiebt. Das Herz der Ringelnatter bildet den Uebergang zu dem der Kreuzotter, in welchem sich gar keine Zellen mehr isoliren lassen. Die Muskelbalken haben einen Durchmesser von 0,0169''' bis zu 0,035''' und sind zusammengesetzt aus Bündeln verwachsener Zellen von ebenfalls verschiedener und in Folge vielfacher Anastomosenbildung rasch wechselnder Dicke. Es ist ganz dasselbe Verhältniss wie bei *Coluber*, der Balken erscheint von vielen Spalten zerklüftet, die dadurch entstehenden Abtheilungen, die Bündel, lassen meist sehr deutlich noch ihre Entstehung aus verschmolzenen Zellen erkennen.[1])

Ich habe nachzuholen, dass auch beim Frosch sich zuweilen die beginnende Verschmelzung der Zellen zeigt. Besonders bei alten Individuen finden sich nicht gar selten Zellen, welche deutlich aus zweien zusammengesetzt sind, die Verwachsungslinie ist sichtbar erhalten, und die beiden Kerne befinden sich

---

1) Von *Vipera Berus*, wie von *Coluber* standen mir nur Exemplare zu Gebote, welche bereits einige Tage in Spiritus gelegen hatten, es wäre nicht unmöglich, dass dies die leichte Isolirbarkeit der Zellen schon etwas beeinträchtigt hätte.

zu beiden Seiten derselben. Stellenweise aber sind auch sämmtliche Zellen ganzer Balken zu Bündeln mit einander verwachsen, ganz so, wie es bei *Coluber* und *Vipera Berus* die Regel ist.

An die Structurverhältnisse der Reptilien würden sich die Vögel und Säugethiere unmittelbar anschliessen, da es lediglich die etwas weiter vorgeschrittene Verschmelzung der Zellen ist, welche das Gewebe ihres Herzens von dem der Reptilien unterscheidet; indessen wird es nicht ohne Interesse sein, vorher noch das Herz der niederen Thiercl assen einer kurzen Betrachtung zu unterwerfen.

Zuerst die Fische.

Von den Teleostiern habe ich als einzigen Stachelflosser *Perca fluviatilis* untersucht und als Repräsentanten der Weichflosser *Esox lucius*, *Cyprinus Carpio* und *Barbus*, und *Leuciscus rutilus* und *nasus*. Im Wesentlichen fanden sich bei allen die gleichen Verhältnisse. Ohne Anwendung von Reagentien sieht man ein Flechtwerk von Muskelbalken mit starker Längsstreifung (von den Rändern der Zellen herrührend) und feiner scharfer Querstreifung; am Schnittende zersplittern sie oft in Fasern auseinander, welche ebenfalls Querstreifung erkennen lassen und beim Hecht 0,00297''' im Durchmesser betragen. Auf Essigsäurezusatz treten eine Menge kleiner Kerne hervor von 0,00238''' Länge und breitovaler Gestalt. Eine besondere Hülle fehlt den Balken.

Mit Kalilösung zerlegen sich die Bündel in Zellen, ganz ähnlich denen vom Frosch, theils von einfach spindelförmiger Gestalt, theils ästig, stets mit wenigstens einem, zuweilen auch mit zwei oder drei dicht beisammen liegenden Kernen (Fig. V. f. g. h). Verwachsungen der Zellen finden sich selten, nur bei *Leuciscus rutilus* sind sie mir mehrmals begegnet, bei *Leuciscus nasus* dagegen liessen sich alle Zellen leicht isoliren. Die Länge der Zellen wechselt entsprechend der Grösse des Thieres, bei kleineren Exemplaren von Weissfischen sind sie sehr schmal und kurz, während sie bei grösseren Individuen denen vom Hecht gleichkommen. Bei diesem beträgt die grösste Länge einer Zelle 0,0608''' bei einer Breite von 0,00350''',

während der ovale Kern 0,00409''' in der Länge und 0,00233''' in der Breite misst.

Leider hat mir bis jetzt die Gelegenheit gefehlt Ganoiden und Plagiostomen frisch zu untersuchen; bei ihnen pulsirt bekanntlich der Truncus arteriosus und Leydig giebt an, er bestehe aus Zellen mit quergestreiftem Inhalt, wie bei den Batrachiern. Auf diese Beobachtung gestützt, möchte ich es für sehr wahrscheinlich halten, dass auch das Gewebe des Herzens selbst sich aus isolirbaren Zellen zusammensetzt, wenn auch sonst erhebliche Unterschiede in dem Bau des Herzens der Ganoiden und der Teleostier bestehen: während bei Letzteren ein ernährender Gefässapparat den Herzwandungen gänzlich fehlt (Hyrtl), und das Blut direct in das Maschenwerk der Muskelbalken eindringt, findet sich bei den Ganoiden und Plagiostomen eine reiche Gefässvertheilung in allen Schichten des Herzfleisches.[1])

Das Herz der Arthropoden, in seinen gröber anatomischen Verhältnissen weit weniger entwickelt, als das der niederen Wirbelthiere, steht an histologischer Ausbildung seiner Musculatur diesen voran.

Als Repräsentant der höher entwickelten Crustaceen hat mir der Flusskrebs gedient. Wie überall im Herzen, so ist auch bei diesem die Musculatur zu Balken angeordnet, welche ein ziemlich dichtes Geflecht bilden und ihrerseits wieder aus dünneren anastomosirenden Muskelbündeln bestehen (Fig. VI.). Jedes dieser Bündel besitzt eine homogene Hülle, welche mittelst verdünntem Natron leicht deutlich zu machen ist, die Querstreifung ist eben so stark und deutlich, wie an den übrigen Muskeln, ebenso finden sich in den Balken zerstreut dieselben mächtigen ovalen Kerne von 0,00993''' Länge und 0,00584''' Breite, dagegen unterscheiden sich die Herzmuskeln von den übrigen Muskeln des Krebses durch die geringere Dicke ihrer primitiven Elemente, indem ein Primitivbündel aus den Schee-

---

1) Von Interesse wäre es, die herzartig pulsirenden Gefässstämme des am einfachsten organisirten Fisches, *Amphioxus lanceolatus* in Bezug auf die Musculatur zu untersuchen. Mir stand das Thier in frischem Zustande nicht zu Gebot.

renmuskeln durchschnittlich etwa 0,1019''' im Durchmesser misst, während ein Balken des Herzens nur 0,0584''' und eines der ihn constituirenden Bündel nur 0,00175''' misst.

Ein weiterer Unterschied liegt in der Anordnung der contractilen Substanz, welche im Herzen zwar auch quergestreift ist, dagegen nicht Fibrillen bildet; mir ist es wenigstens auf keine Weise gelungen, solche darzustellen.

Eben so wenig gelingt es die Bündel in Zellen zu zerlegen; mit der Kalilösung behandelt zerbrechen sie beim Zerzupfen in unregelmässige Stücke von verschiedener Länge und unbeständiger Form, niemals aber lässt sich eine Zelle aus ihnen isoliren. Das Herz der höheren Crustaceen steht insofern dem der Säugethiere weit näher, als das der Fische und Amphibien. Indessen wird, wenn auch directe Beobachtungen an Krebsembryonen noch fehlen, durch die später mitzutheilenden Beobachtungen über die embryologische Entwickelung der Herzmusculatur der höheren Wirbelthiere und des Menschen die Entstehung der Muskelbalken aus Zellen auch bei den Arthropoden sehr wahrscheinlich werden; ich glaube sogar mit Sicherheit annehmen zu können, dass nicht nur die Muskelbalken des Herzens, sondern alle netzförmig verzweigten Muskeln der Arthropoden auf ähnliche Weise entstehen, wie ich es später von den Herzmuskeln der Säugethiere zeigen werde, d. h. ein jedes Bündel aus einer Anzahl verschmelzender Zellen, so dass bei den verzweigten Muskeln der Arthropoden, vor Allem bei denen des Darmes, von Primitivbündeln so wenig die Rede sein kann, wie bei den Muskelbündeln im Herzen des Menschen.

Bei den Insecten finden sich wesentlich dieselben Verhältnisse, wie bei den höheren Krebsen. Die Muskelbalken bilden ein etwas weniger dicht ineinandergeschobenes Netzwerk, die Structur desselben verändert sich nicht; wir finden überall baumförmig sich verästelnde, quergestreifte, kernhaltige, nicht in Fibrillen zerfallende Muskelbündel mit selbständiger, homogener Hülle, welche sich mit der Kalilösung von 35 pCt. nicht in Zellen zerlegen lassen.

In dem Kreis der Würmer kommt bekanntlich kein eigentliches Herz vor, sondern nur pulsirende Gefässstämme. Die

Contractilität derselben ist bedingt durch eine Muskelschicht, bestehend aus spiralig verlaufenden, ausserordentlich grossen Zellen. Leydig[1]) sagt darüber: „Die Muscularis hat Ring- und Längenmuskeln (*Hirudo* z. B.), die aber beide nicht streng circulär und longitudinal verlaufen, sondern an Flechtwerke erinnern. Die Fasern der Ringmuskeln sind breiter als die der Längsmuskeln.“ Das Aussehen von Ring- und Längenmuskeln kommt dadurch zu Stande, dass die sehr langen Zellen spiralförmig das Gefäss umwinden. Während das breite Mittelstück der Zelle oberflächlich und nahezu ringförmig liegt, steigen die Enden, bedeckt von den Mittelstücken der folgenden Zellen, schräg an dem Gefäss hinab. Es wird somit erklärlich, weshalb die „Längenmuskeln“ Leydig schmäler schienen als die „Ringmuskeln“, indem die langen Enden der Zellen schmäler sind, als der mittlere, den Kern enthaltende Theil.

Mit Kalilösung ist es nicht schwer, die Zellen zu isoliren, jedoch brechen sie dabei meist in Stücke, wie es durch ihren das Gefäss umspinnenden spiralförmigen Verlauf erklärlich wird. Es ist aber meist sehr leicht, die zusammengehörigen Stücke zu finden, besonders wenn sie sich bei der Isolirung nicht gerade gestreckt, sondern, obgleich zerbrochen, die Spiralwindung beibehalten haben. Gewöhnlich sind ihre Enden einfach, nur selten gespalten, nie baumartig verästelt. In jeder Zelle liegt ein Kern (Fig. VII.) Die Anordnung der contractilen Substanz innerhalb der Herzzellen ist dieselbe, wie in den Zellen der übrigen Muskeln, sie trennt sich in eine homogene, glänzende Rindenschicht und eine sehr feinkörnige, matte Achsenschicht. Andeutung von Querstreifung ist nicht vorhanden.

So verhält es sich beim Blutegel; das lange Rückengefäss des Regenwurms zeigt eine Muskelschicht, welche aus einfach spindelförmigen Zellen mit schwer sichtbarem, kleinem, kreisrundem Kern besteht.

Mollusken.

Bekanntlich besitzen die meisten Mollusken einen sehr aus-

---

1) Lehrbuch d. Histologie. S. 438.

gebildeten Kreislauf, es findet sich bei ihnen ein eigentliches Herz, oft sogar mit mehreren Kammern. Demgemäss ist auch die Musculatur desselben eine complicirtere, als bei den Annulaten; sie verhält sich bei den Gasteropoden in folgender Weise.

Ich nehme *Helix pomatia* als Beispiel. Hier bestehen Vorhof und Kammer aus einem Geflecht von Muskelbalken, welche von verschiedenem Durchmesser mannichfach unter einander anastomosiren, ohne Anwendung von Reagentien, blass, körnig und undeutlich längsstreifig erscheinen und stellenweise kleine, ovale Kerne mit Kernkörperchen erkennen lassen (Fig. VIII.). Letztere treten bei Zusatz von Essigsäure massenweise hervor und liegen in jeder Tiefe der Balken. Die Balken besitzen keine besondere Hülle, das Netzwerk, welches sie bilden, ist im Vorhof ein viel weitläufigeres, im Ventrikel dagegen ziemlich dicht. Mit der Kalilauge von 35pCt. behandelt zerfallen sämmtliche Balken in Zellen von eigenthümlicher Gestalt. Im Ganzen herrscht zwar auch hier die Spindelform vor, allein sie findet sich selten regelmässig ausgebildet. So sind die Ränder der Zellen nicht wie bei Fischen und Amphibien glatt und von geradem, schlankem Contur begrenzt, sondern mannichfach gebuchtet und gekerbt. Hierdurch entstehen Querfalten auf der Fläche der platten Zelle, welche leicht für partielle Querstreifung angesehen werden könnten, obgleich der contractile Inhalt selbst hier niemals das Phänomen der Querstreifung zeigt.

Im Vorhof finden sich häufig baumartig verästelte Zellen mit gabelig getheilten Enden, doch sind die Seitenäste immer nur kurz und fein (Fig. IX. d). Die Länge der ganzen Zelle beträgt im Mittel etwa 0,0595''', die kleinen, kreisrunden oder ovalen Kerne bilden eine Hervorragung und sind zuweilen von dem übrigen Theil der Zelle mit einem schmalen Stiel abgeschnürt (Fig. IX. d). Die Breite der Zellen variirt von 0,00119''' bis 0,0029'''; der Kern hat eine Länge von 0,0029'''.

Die Zellen des Ventrikels sind länger und breiter als die des Vorhofes, sonst verhalten sie sich ebenso, doch herrscht hier die unregelmässige Spindelform mehr vor und feine Verästelungen an den Enden finden sich seltener (Fig. IX. b. b),

meist liegt nur Ein Kern in jeder Zelle, zuweilen auch zwei; einmal sah ich einen Kern, der in der Theilung begriffen war. Die Länge der Zellen beträgt hier 0,105'''—0,137''', die grösste Breite 0,0064'''.

Bei allen von mir untersuchten Schnecken fand ich im Wesentlichen denselben Bau des Herzens, d. h. ein Maschenwerk von Muskelbalken, welche aus isolirbaren Zellen zusammengesetzt sind. Grösse und Gestalt der Letzteren wechselt aber mannichfach. So sind sie bei *Arion empiricorum* sehr breit, platt und lang, und statt baumförmiger Verzweigungen finden sich einfach dichotomische Theilungen (Fig. IX. a. a). Auch hier sind die Ränder der Zellen fast immer gekerbt in Folge von Faltungen der Zellmembran, welche auch auf der Fläche zu erkennen sind, und, wenn sie dicht auf einander folgen, leicht Querstreifung simuliren können.

Untersucht habe ich ausser *Helix pomatia* und *nemoralis,* sowie *Arion empiricorum* noch *Limax agrestis* und *Limnaeus stagnalis*; der *Paludina vivipara* konnte ich leider in diesem Sommer nicht habhaft werden. Dass auch sie dieselben Verhältnisse darbietet, wird mir vor Allem durch die Beschreibung Leydig's[1]) wahrscheinlich. Er fand nämlich im Herzen der ausgewachsenen *Paludina* „als letzte Elemente der Herzmuskeln 0,002—0,006''' breite Röhren“, sah aber auch „einigemale zellenähnliche Körper, deren Fortsätze sich mit den Aesten von Muskelröhren verbanden“, und schliesst aus diesen getheilten Primitivröhren, „dass der Herzmuskel sich aus sternförmigen Zellen entwickelt“, welche Vermuthung ihm die Beobachtung an Embryonen bestätigte.

So wird es wohl kein voreiliger Schluss sein, wenn man annimmt, dass der eben beschriebene Bau des Herzens für alle Gasteropoden gilt, ja wahrscheinlich für alle Mollusken, die ein wirkliches Herz besitzen. Wenigstens fand ich auch bei einem Acephalen, bei *Anodonta*, das Herz von ganz ähnlicher Structur: ein Netz von Muskelbalken, deren Zusammensetzung aus Zellen sich bei mehrstündiger Einwirkung der Kali-

1) Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. II. S. 125.

lauge leicht constatiren liess. Es isoliren sich so platte, blätterartige, langgestreckte Zellen, mit unregelmässigen, oft gezackten und gebuchteten Rändern, mit meist Einem, zuweilen auch zwei neben einander liegenden kleinen Kernen von 0,0035''' Länge, mit einem oder zwei Nucleolen. Die Länge der Zellen war stets viel geringer als bei den Zellen der übrigen Muskeln des Thieres, z. B. der Schliessmuskeln, sie beträgt selten über 0,0934'''; eigentliche Verästelung kommt an ihnen nicht vor, doch finden sich öfters kurze, schmale Anhängsel und die Enden fahren nicht selten in mehrere kurze Spitzen auseinander, ganz ähnlich wie bei den Muskelzellen im Vorhof der Schnecken. Was den contractilen Inhalt betrifft, so hat sich dieser häufig, aber nicht immer, in eine homogene Rinden- und eine körnige Achsenschicht getrennt, ähnlich wie bei den Annulaten, nur weit unvollkommener; an solchen Zellen sieht man die peripherische Schicht als schmalen, homogenen, stark lichtbrechenden Saum an den Rändern. Querstreifung ist nicht vorhanden.

Ueber das Herz der Cephaloden, sowie über das der höheren Radiaten besitze ich keine Beobachtungen.

Ich kehre zu den Wirbelthieren zurück. Oben wurde bereits angeführt, dass der wesentlichste Unterschied zwischen dem Gewebe des Herzens der höheren und dem der niederen Wirbelthiere darin besteht, dass bei ersteren die Zellen, welche die Balken ursprünglich zusammensetzten, im reifen Zustand mit einander verschmelzen, während sie bei Fischen und nackten Amphibien das ganze Leben hindurch unverschmolzen bleiben. Die Identität beider Gewebstypen ist trotzdem leicht nachweisbar: das embryonale Herz der Vögel und Säuger bietet nahezu denselben Bau, wie das ausgebildete Herz der niederen Wirbelthiere.

Das Herz des Hühnchens im Ei in seiner ersten Anlage, noch ehe es begonnen hat, sich zusammen zu ziehen, besteht aus denselben grossen, polygonalen Embryonalzellen mit ovalem blasigen Kern, wie auch die übrigen Theile des Embryo; kurze Zeit später aber, sobald regelmässige Contractionen zu Stande gekommen sind, trennt sich die Zellenmasse in drei

Schichten, deren beide äussere sich nicht verändern, während in der mittleren die Zellen mehr oder minder regelmässige Spindelform annehmen und sich in schmalen Zügen aneinander legend mannichfach durchkreuzen.

Nicht nur in so früher Embryonalperiode besteht das Herz aus isolirbaren Zellen, es behält diese Zusammensetzung bis zur Zeit der vollständigen Ausbildung des Fötus. So fand ich bei einem Hasenfötus von 14 Cent. Länge, der vollständig behaart und nahezu ausgetragen war, das Herz von folgendem Bau. Beim Zerzupfen eines Stückchens Herzmuskel in Wasser liessen sich nur ziemlich dicke, anastomosirende Muskelbalken erkennen, aus deren abgerissenen Enden schmale, blasse Fasern mit grossem ovalen Kern unregelmässig hervorstanden. Querstreifung war so nicht deutlich zu erkennen. Bei Behandlung mit der Kalilösung zerfielen die Balken in Massen von Zellen, welche alle viel kleiner, aber oft von ähnlicher Form wie die des Froschherzens waren. Ihre Gestalt war im Ganzen eine spindelförmige, oft mit mehreren Spitzen, selten förmlich verästelt (Fig. X. a. a), oft aber auch ganz unregelmässig, blattartig (Fig. X. b. b). Querstreifung liess sich an ihnen oft sehr markirt beobachten, auf fanden sich öfter wieder dieselben Blattrippen ähnlichen Verdickungen, wie bei den Muskelzellen des Frosches und die Aneinanderlagerung der Zellen zu Balken geschah ganz in derselben Weise wie dort. Der ovale kernkörperhaltige Kern fehlte niemals und mass 0,00409''' in der Länge, während die grösste Länge einer Zelle 0,0251''' betrug.

Ich füge hinzu, dass die willkürlichen Muskeln desselben Embryo bereits aus vollkommen ausgebildeten Primitivbündeln zusammengesetzt waren von 0,00175'''—0,00526''' Durchmesser mit deutlicher Querstreifung und oberflächlich liegenden kleinen Kernen von 0,00409—0,00467''' Länge.

Ganz ähnlich verhält sich das Herz des menschlichen Embryo. Auch hier sind die Balken aus im Ganzen spindelförmigen Zellen zusammengesetzt, deren jede einen, nicht selten auch zwei ovale Kerne enthält und deren Inhalt, in frühester Periode homogen, allmählig von der Peripherie her querstreifig wird. Im vierten Monat fand ich bereits deutliche, scharfe

Querstreifung, nicht selten über die ganze Breite der Zelle herüber.

Das Herz eines menschlichen Fötus von sechs Monaten, welcher lebend geboren worden war und geathmet hatte, zeigte mit Wasser zerzupft längsstreifige Balken mit deutlichen Kernen und stellenweise scharfer, aber zarter Querstreifung. Es gelang zuweilen so schon, einzelne Zellen isolirt zu erhalten (Fig. XI. A. a. u. b), bei Behandlung mit Kali aber isolirten sie sich in Masse und zeigten dann eine meist regulär spindelförmige Gestalt (Fig. XI. B. b. b. c. d), selten noch einen dritten Ausläufer (Fig. XI. B. a), stets einen oder zwei ovale Kerne und einen Inhalt, der meist total quergestreift war, zuweilen auch nur in seiner Rindenschicht, nicht selten aber auch war er homogen und nur von einzelnen Körnchen besetzt. Eine besondere Hülle der Balken fand sich auch hier nicht. Die Länge und Dicke der Zellen war etwas grösser als bei jüngeren Embryonen, erstere betrug 0,0263‴—0,0303‴. Den Kern sah ich mehrmals in deutlicher Theilung begriffen (Fig. XI. B. c). Bei diesem Fötus waren die willkürlichen Muskeln bereits sehr weit entwickelt, ihre Primitivbündel unterschieden sich nur noch durch die geringe Dicke von denen des Erwachsenen.

Der hiermit gewonnene Ueberblick über den Bau der Herzmusculatur in der Thierreihe in Verbindung mit der Kenntniss der embryonalen Verhältnisse der höheren Wirbelthiere wird das Verständniss des ausgebildeten Gewebes beim Herzen der höheren Wirbelthiere und des Menschen eröffnen können. Die Grundlage desselben bilden die Muskelbalken, die je nach dem Alter des Thieres und entsprechend der Species eine verschiedene Dicke haben, bei allen aber ein dichtes, vielfach anastomosirendes Geflecht oder Netzwerk darstellen. Diese Balken waren beim Embryo, wie wir gesehen haben, aus dachziegelartig aneinander gelagerten Zellen zusammengesetzt, welche, ohne gemeinsame Hülle, nur durch den Gewebekitt zusammengehalten wurden. So finden wir auch im ausgebildeten Gewebe keine gemeinsame Hülle, welche den ganzen Balken umgäbe, die Zellen aber, aus welchen er beim Embryo zusammen-

gesetzt war, verschmelzen zu einer Anzahl von Bündeln, welche ganz wie die Balken im Grossen, so hier innerhalb des Balkens mannichfach unter einander anastomosiren und ein Netzwerk mit längeren oder kürzeren Maschen bilden (Fig. XII.). Dies sind die Primitivbündel der Autoren, ich möchte sie einfach Muskelbündel des Herzens nennen, zum Unterschied von den grösseren Abtheilungen, den Muskelbalken; den Namen von Primitivbündeln verdienen sie in keiner Weise, da ein jedes von ihnen nicht aus einer histologischen Einheit, aus Einer Zelle hervorgeht, sondern ohne Ausnahme aus mehreren, gemeiniglich aus vielen.

Dass nicht sämmtliche Zellen eines Balkens mit einander verschmelzen, sondern innerhalb eines jeden Balkens wiederum ein Flechtwerk von Bündeln entsteht, mag wohl mit der ursprünglichen Richtung der Zellenzüge innerhalb des Balkens, so wie mit der Gefässvertheilung zusammenhängen; dass die Verschmelzung ziemlich vollständig vor sich geht, davon kann man sich am besten an Querschnitten vom getrockneten Herzen überzeugen (Fig. XIII. A.). Ein jedes Bündel erscheint hier von einem deutlichen Sarkolemma umgeben, offenbar entstanden durch Verschmelzung eines Theiles der Zellmembranen. Von diesem aus setzen sich keine Scheidewände in das Innere des Bündels fort, ein Beweis, dass der nicht zum Sarkolemma umgewandelte Theil der Zellmembranen verschwindet. Indessen lässt sich doch auch am entwickelten Gewebe bei Säugethieren und Vögeln die ursprüngliche Zusammensetzung aus Zellen oft recht deutlich erkennen. Bei Behandlung eines Stück Herzmuskels mit der Kalilösung erhält man eine Masse von Bruchstücken der Bündel, welche meist an der Theilungsstelle abgebrochen und daher mehr oder weniger kurz sind. Diese Bruchstücke zeigen häufig deutlich die ursprüngliche Zusammensetzung aus Zellen, indem schräge Linien über sie hinziehen, denen entsprechend die nie fehlenden Kerne vertheilt sind (Fig. XIV.).

Die Anordnung der contractilen Substanz innerhalb der Bündel ist nicht wesentlich verschieden von der der willkürlichen Muskeln; Querstreifung findet sich constant und auch die

Scheidung in Fibrillen ist vorhanden, wenn sie sich auch nur schwer nachweisen lässt. Durch einfaches Zerzupfen in Wasser habe ich wenigstens beim Ochsen ein Zersplittern der Muskelbündel in Fibrillen von grosser Feinheit (0,00043''') gesehen. Weder bei den Amphibien und Fischen, noch auch an dem Herzen der Arthropoden ist mir dies jemals gelungen, was bei Letzteren um so auffallender erscheinen muss, als die willkürlichen Muskeln dieser Thiere (ich erinnere an den Flusskrebs) so ausserordentlich leicht in Fibrillen zerfallen.

Hierher gehört auch eine Besprechung des bekannten granulirten Aussehens der Herzmuskeln. Der Querschnitt eines jeden Bündels zeigt z. B. bei der Maus (Fig. XIII. A) eine Menge kleiner, dunkelconturirter, starkglänzender Kreise, welche nicht Fibrillenquerschnitte sind (diese müssten zwischen ihnen liegen, sind aber niemals deutlich zu erkennen), sondern eben jene Körner, welche das granulirte Ansehen des Bündels in der Längenansicht bedingen. Merkwürdig ist, dass fettig entartete Muskelprimitivbündel aus willkürlichen Muskeln einen ganz ähnlichen Querschnitt darbieten, mit eben denselben glänzenden Körnern durchsetzt (Fig. XIII. B). Es liegt nahe, die Körner der Herzmuskelbündel mit dem raschen Stoffwechsel in Verbindung zu bringen, der nothwendig bei der ununterbrochenen Thätigkeit des Herzmuskels stattfinden muss; aber auffallend wäre es immerhin, wenn der Rückbildungsprocess bei beschleunigtem Stoffwechsel, wie ihn angestrengte Thätigkeit bedingt, und der Rückbildungsprocess bei mangelnder Thätigkeit und stockendem Stoffumsatz (fettige Entartung) auf ein und dieselbe Weise vor sich ginge.

Fassen wir die Ergebnisse der Untersuchung zusammen, so hat sich gezeigt, dass das Grundelement des musculösen Gewebes des Herzens in der ganzen Thierreihe die Muskelzelle ist. Das Herz in seiner einfachsten Form als contractile Röhre besitzt bei den Würmern nur eine dichte Lage spiralig verlaufender grosser Muskelzellen, welche weder anastomosiren, noch mit einander verschmelzen und deren contractiler Inhalt zwar nicht quergestreift ist, allein doch bereits eine eigenthümliche Sonderung in eine Rinden- und eine Achsensubstanz besitzt.

Bei den viel complicirter gebauten Herzen der Mollusken fehlt diese Sonderung, die contractile Substanz ist glatt und vollkommen homogen, die Zellen aber, in welchen sie eingeschlossen ist, liegen nicht mehr einfach neben einander, sondern haben sich zu Muskelbalken zusammengeordnet, welche dann ein complicirtes Netzwerk zusammensetzen. Die Zellen verwachsen nicht untereinander, sie bleiben auch im erwachsenen Thier isolirbar. Auf nur wenig höherer Stufe der histologischen Ausbildung befindet sich das Gewebe des Herzens der Fische und Batrachier: auch hier persistiren die Zellen während des ganzen Lebens (mit einzelnen Ausnahmen), und unterscheiden sich von denen der Mollusken wesentlich nur durch die Differenzirung der contractilen Substanz, welche hier quergestreift erscheint. Die Anordnung der Zellen zu Balken, die Anastomosenbildung dieser letzteren verhält sich im Wesentlichen wie bei den Mollusken, das Gewebe ist freilich schon viel compacter und die enge aneinander gefügten Balkennetze lassen nur spärliche Zwischenräume der Blutcirculation übrig. Bei den Reptilien fangen dann die Zellen an in der besprochenen Weise mit einander zu verschmelzen und bei Vögeln und Säugethieren lassen sich während des selbständigen Lebens gar keine Muskelzellen mehr isoliren, sie sind vollständig verschmolzen zu netzartig anastomosirenden Bündeln, welche ihre Entstehung aus Zellen nur noch andeutungsweise erkennen lassen, während beim Embryo die Muskelbalken anfänglich aus glatten, später aus quergestreiften Zellen bestehen, das Herz also, wenn es erlaubt ist sich so auszudrücken, zuerst den Bau eines Molluskenherzens, dann den eines Fisches darbietet.

In dem Herzen sämmtlicher Arthropoden findet sich im Wesentlichen derselbe Gewebstypus wie bei Vögeln und Säugethieren, d. h. netzförmig anastomosirende, zu Balken gruppirte Muskelbündel mit scharfer Querstreifung und ohne Andeutung der Entstehung aus Zellen.

Wir finden also bei Wirbelthieren und Arthropoden den Bau der Musculatur des Herzens erheblich verschieden von dem der willkürlichen Muskeln. Es liegt nahe, die eigenthümliche Stuctur sich in genauer Beziehung zu denken zu der specifi-

schen Art der Reaction des Muskels, der rhythmischen Zusammenziehung. Morphologisch hält der Herzmuskel die Mitte zwischen den dem Willen unterworfenen Muskeln und denen, welche vom Willen unabhängig sind. Dennoch möchte ich bezweifeln, ob seine specifische Structur ein wesentliches Moment zum Zustandekommen rhythmischer Zusammenziehungen ist. Die mitgetheilten Beobachtungen unterstützen eine solche Ansicht keineswegs: wenn auch das Muskelgewebe des Herzens bedeutend differirt von dem der willkürlichen Muskeln, so finden sich doch so erhebliche Unterschiede in der Structur der Herzmusculatur bei den verschiedenen Thierclassen, dass wohl kaum dieselbe Reaction (rhythmische Zusammenziehung) bei allen sich finden könnte, wenn der histologische Bau des Herzmuskels dazu ein wesentliches Bedingniss wäre. Bei Säugethieren, Vögeln und Arthropoden quergestreifte, verästelte Bündel, bei Fröschen und Fischen quergestreifte Zellen, bei Mollusken und Würmern glatte Zellen führen alle genau dieselben rhythmischen Contractionen aus. Dazu kommt noch, dass bei Würmern und Mollusken der Unterschied im Bau der Herz- und Stammmusculatur aufhört, beide aus ganz ähnlichen Zellen zusammengesetzt sind und dennoch das Herz sich rhythmisch bewegt und plötzlich contrahirt, während die dem Willen unterworfenen Muskeln sich auf Reizung nur in ziemlich langsam vorrückender Welle zusammenziehen, wie sich dies am Fuss der Schnecken leicht beobachten lässt.

Wenn nun an so verschiedenem Substrat sich überall wieder dieselbe Art der Bewegung kund giebt, so scheint mir der Schluss unabweislich, dass das Gemeinsame, welches die gleiche Function bedingt, eben nicht in diesem Substrat zu suchen ist, sondern in etwas drittem. Und das möchte hier wohl unzweifelhaft die Art und Weise der Innervirung sein.

Ich glaube also, dass die histologische Structur des Herzmuskels für die rhythmische Zusammenziehung an und für sich ziemlich gleichgültig ist, und dass die Verschiedenheiten, welche hauptsächlich bei den Wirbelthieren zwischen der Musculatur des Herzens und in den willkürlichen Muskeln hervortreten, nach einer anderen Richtung hin ihre Bedeutung finden, dass

nämlich lediglich die besondere Architektur, welche nöthig war um einen Hohlmuskel von solcher Stärke zu bilden, die eigenthümliche histologische Structur des Herzens bedingte, und insofern stehen dann auch wieder Form und Function in genauestem Zusammenhang.

Wenn das eben Vorgebrachte richtig ist, so muss die herrschende Ansicht, dass die Art und Weise, wie der Muskel auf Reize reagirt, von seiner eigenen histologischen Structur abhänge, aufgegeben werden; die Ausdrücke „willkürliche" und „unwillkürliche" Muskeln sind in dem Sinn, in welchem man sie bisher gebrauchte, nämlich als Bezeichnung für bestimmte Structurverhältnisse, fallen zu lassen. Es erscheint weiter von geringerer Bedeutung, ob ein Muskel aus Zellen besteht, oder aus verschmolzenen Zellen (verzweigten Bündeln), oder aus Abkömmlingen je Einer Zelle (Primitivbündeln); ebenso auch ob der contractile Inhalt quergestreift oder glatt, oder auf diese oder jene Weise differenzirt ist. Wenn auch alles dieses gewiss nicht gänzlich bedeutungslos ist, so hängt doch die Reaction des Muskels hauptsächlich von der Art und Weise seiner Innervirung ab.

Dass diese beim Herzen eine andere ist, als bei den willkürlichen Muskeln, wissen wir, wenn auch das Nähere darüber noch ziemlich dunkel ist.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Fig. I. Ein Stückchen Herzfleisch aus dem Ventrikel von *Rana esculenta*, ohne Behandlung mit Reagentien frisch in Wasser zerzupft, um das Verhältniss der Zellen zu den Balken zu zeigen. Man sieht das Netzwerk der Balken, an deren abgerissenen Enden Büschel von Fasern hervorstehen. Diese Fasern, deren Querstreifung hier nur stellenweise angedeutet ist, sind die Zellen. Vergröss. 150.

Fig. II. Muskelzellen aus dem Ventrikel von *Rana esculenta*, a—l mit Kalilösung isolirt. a—e verschiedene, hauptsächlich in der Längsrichtung entwickelte, der Spindelgestalt nahe kommende Formen; f u. g blattartige Formen; h u. i Zellen mit drei Hauptausläufern und mehreren zinkenartigen Fortsätzen; k eine rechtwinklig geknickte Zelle aus der Theilungsstelle eines Balkens; l zwei blattartige, mit einander verwachsene Zellen.

m. Eine ohne Anwendung von Reagentien isolirte Zelle. Vergröss. 350.

Fig. III. Zwei Muskelzellen aus dem Truncus arteriosus des Frosches, mit Kalilösung isolirt. Vergröss. 350.

Fig. IV. Querschnitt vom getrockneten Herzen des Frosches mit Kalilösung behandelt, zur Verhinderung der Diffusion der Blutreste. Man sieht die Querschnitte mehrerer Balken (a), innerhalb derer die Querschnitte der Zellen (b) liegen, während in den Räumen zwischen den Balken stellenweise dunkle Blutreste (c) eingelagert sind. Vergröss. 350.

Tafel II.

Fig. V. Muskelzellen aus dem Herzen von Amphibien und Fischen mittelst Kalilösung isolirt. a, b und c von *Lacerta agilis*, bei c hat sich der Kern getheilt und es scheint sich auch eine Theilung der Zelle vorzubereiten.

d Von *Triton taeniatus*;

e von *Coluber natrix*;

f, g u. h. von *Cyprinus Carpio.*

Fig. VI. Ein Muskelbalken aus dem Herzen des Flusskrebses mit Kalilösung behandelt, um die Zusammensetzung desselben aus anastomosirenden Bündeln zu zeigen. Die Kerne sind nicht mitgezeichnet. Vergröss. 350.

Fig. VII. Eine Muskelzelle aus dem contractilen Seitengefäss (Herz) des Blutegels, mittelst Kalilösung isolirt. a der Kern, b Rindenschicht, c Achsenschicht. Vergröss. 350.

Fig. VIII. Aus dem Vorhof von *Helix nemoralis.* Muskelbalken verschiedener Dicke ein Netzwerk bildend in natürlicher Lagerung und ohne Anwendung von Reagentien. a die Balken, b die Kerne. Vergröss. 350.

Tafel III.

Fig. IX. Muskelzellen aus dem Herzen von Schnecken, mit Kalilösung isolirt. a a aus dem Ventrikel von *Arion empiricorum*; b b aus dem Ventrikel von *Helix pomatia*; c c und d aus dem Vorhof von *Helix pomatia.* Vergröss. 350.

Fig. X. Muskelzellen aus dem Herzen eines reifen Hasenfötus, mit Kalilösung isolirt. a a von nahezu spindelförmiger Gestalt; b b unregelmässig, blattartig. Vergröss. 350.

Fig. XI. Muskelzellen aus dem Herzen eines sechsmonatlichen, menschlichen Fötus. A ohne Reagens. Bei a ist bereits über die ganze Fläche der Zelle Querstreifung sichtbar, bei b noch gar keine, sondern der Inhalt der Zelle ist, mit Ausnahme einer dünnen, homogenen Rindenschicht, feinkörnig.

B mit Kalilösung behandelt. Bei c ein sich theilender Kern. Vergröss. 350.

Fig. XII. Ein sich theilender Muskelbalken aus dem Herzen der

Hausmaus, um das Verhältniss der Bündel zum Balken zu zeigen. Mit Kalilösung behandelt. a Balken, b die Bündel, c die Kerne der Bündel. Vergröss. 350.

Fig. XIII. A Querschnitt vom getrockneten Herzen der Hausmaus in Wasser aufgeweicht. a a Querschnitte der Bündel. B Querschnitt vom getrockneten Schenkelmuskel der Maus. a a Querschnitte normaler Primitivbündel; b b b Querschnitte fettig entarteter Primitivbündel. Vergröss. 350.

Fig. XIV. Aus dem Herzen der Hausmaus. Einzelne nach Behandlung mit Kalilösung durch Zerzupfen erhaltene Bruchstücke von Bündeln. Vergröss. 350.

Ueber die einheitliche Verschmelzung verschiedenartiger Netzhauteindrücke beim Sehen mit zwei Augen.

Von

Prof. Dr. P. L. Panum.

In meinen physiologischen Untersuchungen über das Sehen mit zwei Augen [1]) habe ich vor Allem verschiedene bisher theils wenig beachtete, theils ganz unbekannte Thatsachen festzustellen gesucht, und demnächst mich bemüht, die besonders durch Volkmann's Bestrebungen, meiner Meinung nach weit über ihre berechtigten Grenzen hinaus ausgedehnten psychischen Erklärungen in der physiologischen Optik in ihre Schranken zurückzuweisen und dahingegen den physiologischen Momenten der unmittelbaren, rein sinnlichen Empfindung diejenige Stellung zu vindiciren, die ihnen meiner Ueberzeugung zufolge bei diesen sinnlichen Wahrnehmungen zukommt, Ich glaubte meinen Standpunkt hinreichend bezeichnet zu haben, indem ich in der Einleitung zu meiner Schrift (S. 2) sagte: „Diese Feststellung neuer Thatsachen und die Eroberung eines bisher gewöhnlich der Psychologie vindicirten Terrains für die

1) Physiologische Untersuchungen über das Sehen mit zwei Augen, von Dr. P. L. Panum. Mit 57 Bildern. Kiel, Schwers'sche Buchhandlung. 1858. 4to. 12½ Bogen.

Physiologie, ist das Verdienst, das diese Arbeit beanspruchen möchte. Nachdem ich die Wechselwirkung der verschiedenen Combinationen je zweier Netzhautbilder bei ihrer Vereinigung im gemeinschaftlichen Gesichtsfelde kennen gelernt und ihre Bedingungen ermittelt hatte, stellte ich die gewonnenen Resultate am Ende jedes der drei Capitel mit den bisher bekannten Thatsachen und Erklärungen zusammen, um den Ueberblick zu erleichtern und um eine einheitliche theoretische Auffassung vorzubereiten. Wohl fühlend, dass eine vollständige einheitliche Theorie, welche auf die letzten Ursachen zurückgeht, als dem Grenzgebiete unseres Wissens angehörig, noch nicht durchgeführt werden kann, und vielleicht niemals wird durchgeführt werden können, hätte ich gern hiermit die Arbeit beschlossen. Wenn ich dennoch im Schlussworte (S. 89—92) einen Versuch gemacht habe, die Art und Weise, wie die eigenthümlichen Empfindungen des gemeinschaftlichen Gesichtsfeldes zu Stande kommen, näher festzustellen, und zum Theil auf die Anordnung der Nervenelemente zurückzuführen, so bin ich mir dabei sehr wohl bewusst gewesen, dass dieser Erklärungsversuch nur eine Hypothese ist, der ich selbst keinen weiteren Werth beilege, als dass sie dem Gedächtniss und der Auffassung zu Hülfe kommt."

Da ich auf den hypothetischen Theil meiner Arbeit so wenig Gewicht gelegt habe, so würde ich es wohl kaum der Mühe werth gefunden haben, einen gegen eine blosse Hypothese gerichteten Angriff abzuwehren. Nun ist aber durch ein ganz eigenthümliches Missverständniss das einfache Resumé gewisser Thatsachen als eine von mir aufgestellte Hypothese aufgefasst und als solche angegriffen worden, ja diese vermeintliche Hypothese, die ich durchaus nicht als die meinige anerkennen kann, hat das ganz unverdiente Glück gehabt, bei mehreren Verfassern mehr Aufmerksamkeit zu erregen, als die neuen Erscheinungen und Thatsachen, die ich mir zum Verdienst anrechnen zu dürfen glaubte. Indem nun eine solche falsche Auffassung durch Ruete's Bemühungen[1]) sogar populär zu

1) Das Stereoskop. Eine populäre Darstellung mit zahlreichen erläuternden Holzschnitten und mit 20 stereoskopischen Bildern, von C. G. Th. Ruete. Leipzig bei Teubner 1860. 8vo.

werden droht, so dürfte es nach gerade für mich an der Zeit sein, dieselbe zu berichtigen. Bis dahin war ich theils durch andere Arbeiten daran verhindert, theils habe ich es für zweckmässig gehalten, die verschiedenen anderweitigen Auffassungen, die meinen Untersuchungen zu Theil werden möchten, abzuwarten.

Während nämlich die übrigen, doch ziemlich zahlreichen Resultate meiner experimentellen Analyse des gemeinschaftlichen Gesichtsfeldes bisher unangefochten dastehen, hat meine Aufstellung der correspondirenden Empfindungskreise, als mit der sogenannten Lehre von den identischen oder correspondirenden Netzhautpunkten in ihrer ursprünglichen Fassung unvereinbar, einen lebhaften Widerspruch durch Bergmann[1]) und Hasner,[2]) vor Allen aber durch Volkmann[3]) erfahren, während dieselbe von anderen Seiten her Anerkennung gefunden hat.[4])

---

1) Göttingische gelehrte Anzeigen 1859. 106. und 107. Stück, den 7. Juli 1859. S. 1055—1063.

2) Ueber das Binocularsehen, von Dr. Joseph Ritter von Hasner. (Aus den Abhandl. der königl. böhm. Gesellschaft der Wissenschaften. V. Folge. 10. Bd.)

3) Die stereoscopischen Erscheinungen in ihrer Beziehung zur Lehre von den identischen Netzhautpunkten, von Dr. A. W. Volkmann. Im Archiv für Ophthalmologie, herausgegeben von Arlt, Donders und Gräfe. V. Bd. 2. Abth. S. 1—100.

4) Unter Anderem heisst es im Literarischen Centralblatt für Deutschland 1858, 11. Dec. No. 50. S. 791: „Unserer Meinung nach bestehen die Hauptverdienste des Verfassers vorzüglich in Folgendem: 1) Er hat in seiner experimentellen Analyse den unumstösslichen Beweis geliefert, dass jedem empfindenden Punkte auf der einen Netzhaut ein Empfindungskreis auf der anderen in der Art correspondirt, dass die gleichzeitige Erregung jenes Punktes und eines beliebigen Punktes dieses Kreises eine einige Gesichtswahrnehmung vermittelt. Während so die von Wheatstone angegriffene Lehre von der Identität der Netzhautpunkte etwas modificirt worden ist, hat sie zugleich eine sehr mächtige Begründung gewonnen. 2) Der Verfasser hat bewiesen, dass die Empfindung der Tiefe beim Sehen mit zwei Augen nicht nur Sache der Erfahrung ist, sondern dass die unmittelbare Sinnesreaction sehr viel zur Bestimmung jener Empfindung beiträgt. Alle

Es dürfte eine kurze Darlegung meiner Auffassung der sogenannten Identitätslehre und der durch die neuen Thatsachen meiner Meinung nach durchaus nothwendig gewordenen Modification derselben, hier einen geeigneten Platz finden, theils um mich mit denjenigen Lesern zu verständigen, denen meine Brochure nicht zu Gesicht gekommen sein sollte, theils um mehrfache Missverständnisse meiner Gegner zu berichtigen, welche so wesentlich sind, dass ihre Angriffe meine Auffassung und Aufstellung gar nicht treffen.

Bei der ursprünglichen Aufstellung der sogenannten Lehre von den identischen Netzhautpunkten hatte man die Einheit der Empfindung d. h. das Fehlen der Doppelbilder bei gleichzeitiger Erregung zweier verschiedener empfindender Punkte, deren einer in der einen, der andere in der anderen Netzhaut liegt, als massgebenden Charakter und als Ausgangspunkt für die weitere Entwickelung der Consequenzen dieser Aufstellung, z. B. für den Horopter, benutzt. Zur stärkeren Betonung dieses massgebenden Charakters und Ausgangspunktes fügte man noch den Corollarsatz hinzu, in

---

früheren Erklärungsversuche, welche auf demselben streng physiologischen Boden stehen und bald einen schnellen Wechsel der Accommodationszustände, bald schnell sich succedirende Veränderungen in dem Grade der Sehaxenconvergenz zur Erklärung jenes Phänomens annehmen, waren bekanntlich durch das auch vom Autor wiederholte Experiment Dove's unbrauchbar geworden, welches bewies, dass die Empfindung der Tiefe auch bei der Beleuchtung mit dem elektrischen Funken statthabe. — Der Verfasser führt nun zur Stütze seiner Ansicht den Begriff einer binoculären Parallaxe ein und zeigt in einer Reihe von Experimenten, wie auf dem Empfinden derselben die Wahrnehmung der Tiefe beruhe. Mit anderen Worten: die Kreuzungspunkte der Projectionslinie entsprechen der scheinbaren Lage der im gemeinschaftlichen Gesichtsfelde sichtbaren Bildpunkte." Ferner schrieb mir Vierordt bezüglich meiner Schrift: „Die Beschränkung der Identitätslehre beider Retinae, die Sie aufstellen, ist ein dringendes Bedürfniss für die Physiologie; wir wären übel daran, wenn die Identität eine absolute wäre. Es dürfte wohl glücken, auf dem Versuchswege scharf messend nachzuweisen, dass diese Beschränkung immer weiter sich geltend macht, je mehr man auf seitliche Retinapartien kommt u. s. w. u. s. w.

welchem behauptet wird, dass jeder empfindende Punkt der einen Netzhaut mit einem jeden anderen als eben dem identischen Netzhautpunkte des anderen Auges niemals eine einfache, sondern immer eine doppelte Empfindung, ein Doppelbild giebt. Um die ungefähre Lage der in dieser Weise aufgestellten identischen Punkte anschaulich zu machen, stellte man sich vor, dass die identischen Punkte einander ungefähr decken würden, wenn man die beiden Netzhäute bei übrigens unveränderter Lage über einander geschoben dächte, und da demnach gleichsam die geographische Lage der identischen Punkte beider Netzhäute correspondirt, sagte man, könnten die identischen Netzhautpunkte füglich auch correspondirende Netzhautpunkte genannt werden. Dieser Ausdruck: correspondirende Netzhautpunkte, schien insofern einen Vorzug vor jenem der identischen Netzhautpunkte zu verdienen, als die Identität sich ja eben nur darauf bezieht, dass sie mit einander eine einheitliche Empfindung, d. h. keine Doppelbilder geben, keineswegs aber auf eine absolute Identität der durch Erregung sogenannter identischer Punkte vermittelten Empfindungen; denn dieselben zwei gleichzeitig erregten identischen Punkte vermitteln bei einer jeden verschiedenen Augenstellung eine verschiedene Ortsempfindung im Raum, und durch verschiedene Qualität der Erregung des einen und des anderen sogenannten identischen Punktes kann der Charakter der einheitlichen Empfindung ein verschiedener werden. Ganz entsprechend war übrigens auch der Ausdruck der correspondirenden Netzhautpunkte eigentlich nicht, indem die geographische Lage der beim Sehen mit zwei Augen mit einander einfach sehenden Punkte wenigstens in der Gegend des Eintritts des N. opticus etwas verschoben sein musste. Diese ursprüngliche Aufstellung der identischen oder correspondirenden Netzhautpunkte sollte meiner Meinung nach weder eine Erklärung noch eine Hypothese sein, sondern ein bezeichnender Ausdruck für die Thatsachen, so weit sie damals bekannt waren.

Sobald es sich nun herausstellt, dass die angeführten vermeintlichen Thatsachen nicht exact sind, muss auch der Aus-

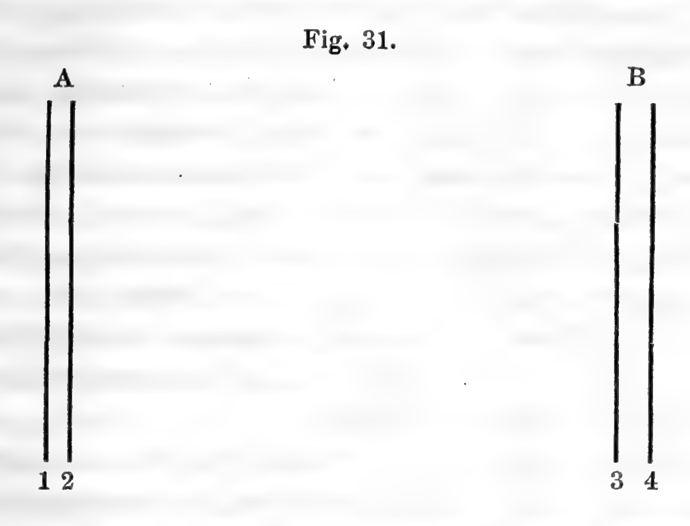
druck für dieselben verändert werden, wenn er bezeichnend sein soll, und mit dem Ausdruck muss die ganze betreffende Lehre, welche aus den Consequenzen der vermeintlichen, aber nicht exacten Thatsachen aufgebaut ist, den Thatsachen entsprechend modificirt werden.

Wheatstone wies nun bekanntlich nach, dass zwei etwas verschiedene Bilder, deren Bildpunkte bei gleichzeitiger und wirksamer Erregung nothwendig auf nicht identische oder nicht correspondirende Netzhautpunkte fallen mussten, z. B. zwei Kreise, deren Diameter ein wenig, etwa um 1''' verschieden sind, im Sammelbilde ein einheitliches Bild d. h. ohne Doppelbilder geben können, und hierauf stützte er seinen Angriff auf die sogenannte Lehre von den identischen Punkten. Wheatstone hatte es aber versäumt, den Beweis dafür zu liefern, dass die beiden Bildpunkte hierbei wirklich gleichzeitig und wirksam auf die beiden Netzhäute einwirkten. Es könnte daher dem Wheatstone'schen Angriffe gegenüber die sogenannte Lehre von den identischen Punkten noch aufrecht erhalten werden, indem es z. B. möglich wäre, dass die Erregung der beiden Netzhäute nicht wirklich gleichzeitig stattgefunden hätte, sondern dass wirklich correspondirende Punkte der beiden Netzhäute nach einander erregt wurden, indem unmerkliche und sehr schnelle Augenbewegungen vielleicht bewirkt haben könnten, dass die Nachbilder der verschiedenen Doppelbilder einander verwischt hätten. Diese Hypothese stellte Brücke dem Wheatstone'schen Angriffe entgegen; dieselbe musste jedoch gewaltig erschüttert werden, als Dove nachwies, dass zwei stereoskopische Zeichnungen auch bei der nur 0,000001 Sekunde dauernden Beleuchtung durch den elektrischen Funken zu einem deutlichen körperlichen Sammelbilde combinirt werden können. Da Dove mir seine Aufmerksamkeit zunächst der körperlichen Erscheinung und nicht ausdrücklich den Doppelbildern, auf die es hier doch eigentlich ankam, zugewandt zu haben schien, und da es nicht aus seinen Angaben zu ersehen war, ob er andere als complicirte Bilder zum Versuche benutzt hatte,[1]) so nahm ich

1) Vergl. hierzu Dove „Ueber Stereoskopie" in Poggendorff's Annalen u. s. w. 1860. Bd. CX. S. 494. (E. d. B.-R.)

diesen Versuch mit möglichst einfachen Bildern vor und richtete meine Aufmerksamkeit ganz besonders eben auf die Gegenwart oder Abwesenheit der Doppelbilder, welche ja bekanntlich bei deutlichem körperlichen Effect eben so wohl vorhanden sein, als fehlen können. Es zeigte sich nun, indem ich z. B. folgendes Object benutzte, wobei A

Fig. 31.



dem linken und B, etwa 60 Mm. von A entfernt, dem rechten Auge dargeboten wurde, dass im Sammelbilde, auch bei der Beleuchtung durch den elektrischen Funken, zwei einfache Linien ohne Spur von einem Doppelbilde der einen Linie gesehen würden, vorausgesetzt, dass die Abstandsdifferenz der Linien 1, 2 und der Linien 3, 4 nicht über ein gewisses Mass hinausging. Dieser Versuch ist leicht anzustellen, wenn man sich einer selbstentladenden Flasche bedient, deren Funken in bestimmten Intervallen, etwa 4—5 Mal in der Minute, wiederkehrt. Eben diese regelmässige Wiederkehr des Funkens macht es nämlich leicht, die richtige Augenstellung zu finden. Das für den gleichen Zweck von Volkmann ersonnene Tachistoskop mag das Auge weniger angreifen, dafür ist aber auch die Dauer der Beleuchtung weniger momentan, obgleich immerhin kurz genug, um die Brücke'sche Hypothese zu widerlegen. — Wenn man dahingegen die Abstandsdifferenz der Linien 1,2 und 3,4 erheblich grösser macht, so kann man auch bei der Beleuchtung durch den elektrischen Funken das Doppelbild der einen Linie sehr gut und deutlich wahrnehmen,

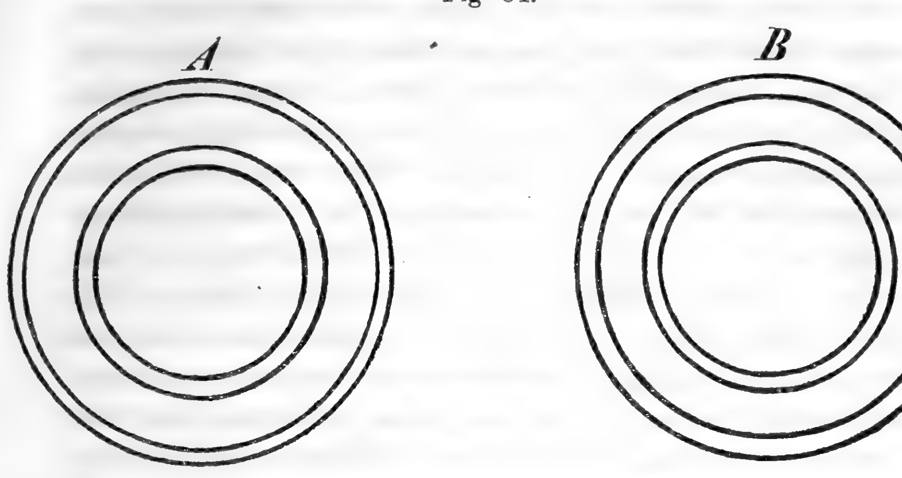
und man sieht bei richtiger Einstellung der Augenachsen im Sammelbilde drei, anstatt wie im vorigen Falle zwei Linien.

Betrachtet man dieses letztere Object bei gewöhnlicher Beleuchtung, so findet man ferner nicht nur, dass die 3. Linie, welche sich in der Mitte des Doppelbildes befindet, ihre Lage ganz ruhig behauptet, so lange man fixirt, und dass man durch Veränderung ihres Fixationspunktes ihre Lage willkürlich bestimmen kann, sondern auch, was schon für sich gegen Brücke's Hypothese spricht, dass die Bewegungen des Nebenbildes der 3. Linie von der einen Hauptlinie zur anderen, wie sie bei mangelhaftem oder unbestimmtem Fixiren beobachtet werden können, keinesweges schnell erfolgen, sondern so langsam, dass man ihnen sehr gut mit der Aufmerksamkeit folgen kann, ohne dass in irgend einer Weise von einem Verschmelzen der Nachbilder, wie bei den Bildern der stereoskopischen Scheibe, die Rede sein könnte.

Auch noch nach diesem Versuche wäre nicht alle Aussicht verloren, die ursprüngliche Aufstellung der identischen oder correspondirenden, und der nicht identischen oder nicht correspondirenden Punkte zu retten, indem man noch folgende Hypothese für diesen Fall aufstellen könnte. Wenn man nämlich annähme, dass die beiden Augen bei Betrachtung obiger Figur ungleich accommodirt würden, und dass hierdurch der Abstand der Knotenpunkte von der Retina in beiden Augen in der Weise verändert würde, dass die Retinabilder der Linien 1, 2 und der Linien 3, 4, unbeschadet ihrer Deutlichkeit, einen gleichen Abstand von einander erhielten, so würden ja die Linien 1, 2 und 3, 4, trotz ihres verschiedenen Abstandes von einander, im objectiven Bilde dennoch wirklich auf identische oder correspondirende Netzhautstellen gebracht werden können. Die gleiche Erklärung wäre beim Wheatstone'schen Versuche mit der Verschmelzung zweier Kreise von etwas ungleichem Diameter möglich. Bei complicirten Bildern trifft dieselbe aber nicht zu, denn eine relative Verkleinerung des einen und eine relative Vergrösserung des anderen Netzhautbildes wäre natürlich nur für das ganze Bild denkbar. Um diese

Hypothese experimentell zu widerlegen, habe ich folgendes Ob ject angegeben:

Fig. 34.



bei dessen stereoskopischer Betrachtung man im Sammelbilde (auch bei der Beleuchtung durch den elektrischen Funken) vier einfache Kreise ohne Neben- oder Doppelbilder wahrnimmt. Ebenso vergeblich würde es endlich sein, wenn man das Einfachsehen (oder das Fehlen der Doppelbilder) bei gleichzeitiger Erregung zweier nicht correspondirender oder nicht identischer Netzhautpunkte dadurch erklären wollte, dass mir abwechselnd der betreffende Netzhautpunkt der einen oder der anderen Retina wirksam erregt worden wäre. Denn schon die ganz eigenthümliche Empfindung der Tiefe oder der dritten Dimension im Raum, die sich dabei in den angeführten Beispielen bemerkbar macht, und welche hier beim Sehen mit einem Auge ganz fehlt, beweist, dass die entsprechenden Netzhautpunkte beider Augen wirksam erregt werden. Im ersten Bilde (Fig. 31) erscheint nämlich die im Sammelbilde links liegende Linie schräge vor der rechts gelegenen, und im zweiten Bilde erscheint der zweite Kreis (von aussen her) gegen den ersten so gedreht, dass der Rand desselben links hinter, rechts vor dem ersten oder äussersten Kreise liegt, während der vierte oder innerste Kreis gegen den dritten als eine in entgegengesetzter Richtung gedrehte Scheibe wahrgenommen wird. Dasselbe geht übrigens auch in anderer Weise aus den

auf S. 58 und 59 meiner Schrift angeführten Versuchen hervor: Wenn man nämlich 1) die senkrechten Doppellinien des Gesichtsfeldes A in unserer ersten Figur (Figur 31) mit anderer Farbe zeichnet, als die etwas weiter von einander entfernten Doppellinien des Gesichtsfeldes B, so erscheinen die beiden im Sammelbilde sichtbaren Linien, sowohl die vordere als die hintere, in der Mischfarbe oder in abwechselnder Färbung, ohne dass die eine sich durch eine verschiedene Färbung von der anderen auszeichnete. — Wenn man ferner 2) die weiter von einander entfernten Doppellinien an ihren inneren, einander zugewandten Rändern durch kleine seitliche Strichelchen bezeichnet, die engen Doppellinien aber an ihren äusseren, von einander abgewandten Rändern mit entsprechenden Abzeichen versieht, oder umgekehrt, so werden jene Strichelchen im gemeinschaftlichen Gesichtsfelde zu beiden Seiten der hier sichtbaren Linien wahrgenommen, sowohl an der hinteren als an der vorderen Linie.

Diese unläugbaren und von allen Seiten her vollkommen bestätigten Thatsachen[1]) sind es, welche es unmöglich mach-

---

1) Herr v. Recklinghausen (in Gräfe's Archiv für Ophthalmologie Bd. V. und in Poggendorff's Annalen Bd. CX.) und Hr. Bergmann (in Göttingische gelehrte Anzeigen 1859. S. 1055—1063) haben sich allerdings bisher noch nicht von der Realität dieser Thatsachen überzeugt. Herr v. Recklinghausen will die oben angeführte Theorie von Brücke aufrecht erhalten. Er sagt S. 161: „In Bezug auf das am häufigsten, auch von Panum geltend gemachte Experiment von Dove, welcher selbst bei der eminent kurzen Beleuchtung durch den elektrischen Funken einen stereoskopischen Effect beobachtete, ist zu bemerken, dass vorläufig die Anwendung auf unsere Theorie noch festzustellen ist. Complicirte Zeichnungen, wie wahrscheinlich genommen wurden, können natürlich nichts beweisen, da hier noch die unten anzuführenden Momente des Körperlichen mit in Wirksamkeit treten. Wenn Herr v. Recklinghausen meine Untersuchungen im Originale nachgesehen hätte, so würde er, hoffe ich, seiner Zweifel über diesen Gegenstand überhoben worden sein. — Herr Bergmann bemerkt, dass er an meinem in Fig. 41 abgedruckten Probeobjecte die Doppelbilder sieht, dass also das Nichterkennen derselben individuell sei. Er bemerkt, „es sei dazu selbstverständlich erforderlich, dass man die eine der beiden Linien und nicht einen Punkt zwischen beiden fixirt. Sollte die Beachtung

ten, die sogenannte Lehre von den identischen Punkten *in ihrer bisherigen Fassung* aufrecht zu erhalten, denn die ihr zu Grunde liegende Aufstellung ist offenbar unrichtig, so-

---

dieses Umstandes noch nicht für Jeden genügen, so nehme man etwas geringere Entfernungen der Linien; war das eine Paar 3 Mm. und das andere 5 Mm. von einander entfernt, so nehme man 2 und 4, d. h. man lasse die Differenz dabei gleich bleiben. Nun wird man die Doppelbilder leichter gewahr, weil sie auf einen schärfer sehenden Netzhauttheil fallen. Aehnlich verhält es sich mit dem zweiten, schon von *Wheatstone* aufgestellten Versuche: zwei Kreise von etwas verschiedener Grösse, einer dem linken, einer dem rechten Auge dargeboten, sollen vollständig als einer erscheinen. Dies ist nun schon insofern nicht richtig, als man immer eine Abweichung der beiden oberen Theile sieht, wenn die unteren sich decken oder umgekehrt. Es ist aber auch nicht richtig, dass die linken Ränder sich decken, während man die rechten fixirt und umgekehrt. Um sich hiervon zu überzeugen, ist es freilich nicht vortheilhaft grosse Kreise zu wählen. Wenn ich einen Kreis von 10 Mm. Durchmesser und einen von 11,5 Mm. Durchmesser anwende, so sehe ich beim Fixiren des einen Seitenrandes den anderen deutlich doppelt, während erheblich grössere Kreise das allerdings aus nahe liegenden Ursachen unmöglich machen.“ Die Schwierigkeiten, die Herr *Bergmann* bei diesen Versuchen gefunden hat, würden für ihn weggefallen sein, wenn er S. 53 und 54 meiner Schrift aufmerksam durchgelesen hätte. Er würde alsdann nämlich bemerkt haben, dass ich ausdrücklich hervorgehoben habe, dass die *Grenzwerthe* der Abstandsdifferenzen, bei welchen zwei senkrechte parallele Linien beider Gesichtsfelder ohne Doppel- oder Nebenbilder zu einer einheitlichen Erscheinung verschmelzen, gewissen *individuellen* Schwankungen innerhalb gewisser von mir, und ausführlicher später von *Volkmann* näher bestimmten Grenzen unterworfen sind. Bei Anwendung eines gewöhnlichen Linsenstereoskopes wird Herr *Bergmann* kaum eine Person finden, welche nicht wenigstens eine Differenz von 1 Mm. der 2—4 Mm. betragenden Abstände *senkrechter* Doppellinien zum einheitlichen Bilde zu combiniren vermöchte; bei 2 Mm. Differenz war es mir und bei 3 Mm. Abstandsdifferenz Professor *Karsten* noch vollkommen möglich, bei aller Aufmerksamkeit auf die Doppelbilder ein vollständiges einheitliches Verschmelzen der Linien, ohne Auftreten von Doppelbildern wahrzunehmen; bei 4 Mm. Abstandsdifferenz machten sich aber bei allen von mir untersuchten Personen die Doppelbilder bemerkbar. Für *horizontale* Linien, bemerkte ich ausdrücklich, scheinen die Grenzwerthe etwas geringere Grössen zu haben. Wenn es also Herrn *Bergmann* nicht gelingen wollte, senkrechte Linien bei 2 Mm. und horizontale bei

bald es auch nur in einem Falle möglich ist, bestimmt zu beweisen, dass ein unzweifelhaftes Einfachsehen durch wirklich gleichzeitige und wirksame Erregung zweier nicht correspondirender oder nicht identischer Netzhautpunkte beider Augen möglich ist. Alsdann ist es nämlich nicht wahr, dass nur zwei identische oder correspondirende Netzhautpunkte bei gleichzeitiger Erregung ein einfaches Bild geben können, und dass immer Doppelbilder resultiren, wenn zwei nicht correspondirende Netzhautpunkte gleichzeitig und wirksam erregt werden.

Um nun die herkömmliche Bezeichnung des Einfachsehens mit zwei Augen den Thatsachen anzupassen, führte ich den Begriff der correspondirenden Netzhautkreise ein: „Es kann (heisst es S. 62) also eine einfache Ortsempfindung (d. h. eine Empfindung des Orts ohne Doppelbilder) nicht nur durch je zwei Punkte beider Netzhäute, die man identische oder correspondirende zu nennen pflegt, vermittelt werden, sondern ein jeder empfindende Punkt der einen Retina kann (!) mit einer

---

1,5 Mm. Abstandsdifferenz zum Verschmelzen zu bringen, so hätte er nur nöthig gehabt, die Abstandsdifferenz der Linien etwas geringer zu machen, er würde alsdann ganz sicher die individuelle Grenze seiner Fähigkeit, die Doppelbilder unter diesen Verhältnissen wahrnehmen oder nicht wahrnehmen zu können, entdeckt haben, und er würde dieselbe senkrechte Doppellinie kaum kleiner als 1 Mm., etwa 0,026 Mm. im Netzhautbilde entsprechend, gefunden haben. Dass er den oberen und unteren Rand der Doppelkreise in meiner Fig. 33 wahrnahm, könnte allerdings dadurch seine Erklärung finden, dass, wie gesagt, die Grenzwerthe für horizontale Linien geringer sind, als für senkrechte, ich fürchte aber fast, dass dies im vorliegenden Falle nur darauf beruhte, dass Herr Bergmann das Stereoskop oder seine Augen etwas schräg über dem Bilde hielt. Hierdurch müssen die horizontalen und schrägen Bildtheile sich natürlich in senkrechter Richtung gegen einander verschieben und daher doppelt erscheinen. Da nun diejenigen Doppelbilder, welche in der Gegend des deutlichen Sehens liegen, sich immer stärker bemerkbar machen (lebhafter empfunden werden), als diejenigen, welche eine davon entferntere Gegend der Netzhaut treffen, so ist es begreiflich, dass sie für Herrn Bergmann z. B. beim Fixiren des unteren Randes hier sichtbar, am oberen Rande aber unsichtbar waren.

gewissen Anzahl zusammenliegender Punkte der anderen Retina eine einfache Ortsempfindung geben (das heisst ein einfaches Bild ohne Doppelbild). Wenn man also diejenigen Netzhautpunkte beider Augen, die (selbstverständlich unter den in Rede stehenden Bedingungen) zusammen eine einfache Empfindung (d. h. kein Doppelbild) geben, correspondirende nennen will, so muss man sagen, dass jeder Netzhautpunkt mehrere correspondirende Punkte oder einen correspondirenden Empfindungskreis im anderen Auge habe. Will man daher den bisherigen Begriff der correspondirenden Netzhautpunkte (d. h. der einzigen beiderseitigen Netzhautpunkte, welche immer und unter allen Bedingungen ein einfaches Bild geben) festhalten, so muss man hierunter die Mittelpunkte der mit einander correspondirenden Empfindungskreise der beiden Netzhäute verstehen und dieselben demgemäss definiren."

Bei dieser Aufstellung meiner correspondirenden Empfindungskreise habe ich somit die Einheit der Empfindung, das Einfachsehen, oder das Fehlen der Doppelbilder als massgebenden Charakter und als Ausgangspunkt festgehalten, gerade so wie es einst bei der ursprünglichen Aufstellung der sogegenannten identischen oder correspondirenden Netzhautpunkte geschehen war. Den neuen Thatsachen gegenüber war der alte Ausdruck oder die alte Bezeichnungsweise unpassend geworden, und es musste ein neuer Ausdruck, eine neue Bezeichnungsweise gefunden werden. Diese Bezeichnungsweise ist keine Erklärung, eben so wenig wie die alte es war, sie involvirt auch, eben so wenig wie sie es that, irgend eine Hypothese, sondern bildet nur einen bequemen und entsprechenden Ausdruck für eine gewisse Reihe unumstösslicher Thatsachen, deren Constatirung und näherer Präcisirung durch neue Untersuchungen Volkmann selbst einen grossen und ich meine den besten Theil seiner Arbeit gewidmet hat.

Es wird nach dieser Erklärung wohl schon klar sein, dass meine Auffassung und Aufstellung der correspondirenden Empfindungskreise, als einfacher Ausdruck für die thatsächlichen Wahrnehmungen, von einer jeden anatomischen oder nicht ana-

tomischen Hypothese und überhaupt von einer jeden Erklärung unabhängig ist. Dieses hat Volkmann übersehen. — Schon vor ihm hatte übrigens Hasner[1]) behauptet, dass meine Aufstellung nicht nur den Corollarsatz, sondern zugleich den Hauptsatz der ursprünglichen Lehre von den identischen Punkten vernichten würde. Hasner meint, „meine Lehre enthalte eine Deutung des Binocularsehens, welche in sich selbst einen realen Widerspruch trägt. Wenn ein identischer Punkt einer Netzhaut", sagt Hasner, „mit einem identischen Empfindungskreise der anderen zusammenfiele, so müssten wir offenbar Alles verwirrt, unrein, undeutlich sehen. Die Frage über die kleinste Masseinheit der Netzhäute kann streitig sein, aber die einzelnen Masseinheiten dürfen nicht in einander greifen, wenn nicht wirklich Mischungsbilder entstehen und empfunden werden sollen. Was von einem Punkte gilt, gilt von allen. Entspricht z. B. einem Punkt (einem Zapfen) ein Empfindungskreis von 15 Zapfenbreite, so greifen offenbar in diesen Kreis gleichzeitig so viel Empfindungskreise ein, als dem Flächeninhalt eines Kreises von 15 Zapfen Durchmesser Einheiten entsprechen, d. i. 176,714. Man denke einmal das Confusionsbild dieser nach allen Richtungen in einander greifenden Empfindungskreise! Aber dies Verhältniss ist in der That für den Sehsinn eine Unmöglichkeit, denn das Vermögen der räumlichen Sonderung negirt durchaus (bei gleichbleibender Intention) die gleichzeitige räumliche Verschmelzung." Etwa ein solches Confusionsbild, wie das von Hasner geschilderte, kann er sich in der That verschaffen, wenn er zwei complicirte, ganz heterogene Bilder durch ein Stereoskop betrachten will. Wenn man aber die Körper der Aussenwelt oder zwei auf stereoskopische Betrachtung berechnete Bilder in entsprechender Weise betrachtet, so sind die allermeisten Bildtheile, welche auf correspondirende Empfindungskreise beider Augen fallen, einander so ähnlich, dass eine binoculäre Verschmelzung derselben erfolgen kann und wirklich erfolgt, wodurch das Bild dann

---

1) Ueber das Binocularsehen von Dr. Joseph Ritter von Hasner. Aus den Abhandlungen der königl. böhm. Gesellschaft der Wissenschaften. V. Folge. 10. Band.

einheitlich erscheint. Nur solche Bildtheile, welche entweder nur in einem nicht aber im anderen Bilde vorhanden sind, oder deren Abstandsdifferenzen so gross sind, dass Doppelbilder derselben auftreten, kommen im Sammelbilde gesondert zur Geltung. Wir werden auf diesen Punkt später noch zurückkommen, und es mag hier daher die Bemerkung genügen, dass das Vermögen der räumlichen Sonderung in gewissen Beziehungen beim Binocularsehen das Vermögen der räumlichen Verschmelzung durchaus nicht negiren kann und darf, sonst wären wir in der That übel daran. Ich überlasse es dem Leser und Hasner selbst, sich als Pendant zu dem von ihm entworfenen Gemälde dasjenige Confusionsbild auszumalen, das wir bei Betrachtung eines beliebigen Körpers wahrnehmen müssten, wenn alle die verschiedenen Bildpunkte der beiden verschiedenen Projectionsbilder eines einigermassen rauhen Körpers (bei gleichbleibender Intention) von beiden Netzhäuten her ohne Verschmelzung gesondert zu bewusster Empfindung kämen! Es waltet hier aber ein leicht aufzuklärendes Missverständniss ob, wodurch Hasner dazu verleitet worden ist, mir eine Auffassung zuzuschreiben, die mir in der That ganz fremd ist, und die ich schon im obigen Abdrucke meiner Worte an den betreffenden Stellen durch einige kurze, in Parenthese beigefügte, commentarische Bemerkungen zu berichtigen gesucht habe. Hasner dachte zunächst an „das Flächen- und Tiefensehen", nicht an die Doppelbilder, die bei meiner Aufstellung gerade betont werden sollten. Wenn ich sage, dass ein jeder empfindende Punkt der einen Retina mit einer gewissen Zahl zusammenliegender Punkte der anderen eine einfache Ortsempfindung geben kann", so ist damit nur gemeint, eine einfache Empfindung des Bildpunktes; das geht sowohl aus dem Zusammenhange hervor, als auch daraus, dass ich im Folgenden (Capitel 3) ausführlich nachgewiesen habe, wie durch die verschiedenen Punkte eines Empfindungskreises (α, β, γ, δ u. s. w.) mit dem Punkte a des anderen Auges zusammen, wesentlich verschiedene Ortsempfindungen bezüglich der scheinbaren Lage im Raume vermittelt werden können. Ich bin ganz

mit Hasner darüber einverstanden, dass es sich bei der Auffassung eines Körpers „um einen höheren Act des Sehsinnes handelt, bei dem die Tiefenempfindung sich nur aus der Empfindung von Bildern auf den nicht identischen Retinapartien aufbauen kann.“ Dieses habe ich ja nämlich eben selbst in meinem 3. Capitel zu beweisen gesucht, indem ich nachwies, dass die verschiedenen, innerhalb eines correspondirenden Empfindungskreises liegenden empfindenden Punkte mit dem zugehörigen Punkte des anderen Auges zusammen freilich einfach sehen, aber bezüglich der Ortsempfindung im Raume verschieden und nicht identisch sind. Auch stelle ich durchaus nicht in Abrede, dass bei der Auffassung des Bildes eines Körpers eine Art Calcul eintritt, wozu aber (wie ja auch Hasner meint, und was ich besonders stark, den psychischen Erklärungen gegenüber, betont habe), jene specifische Empfindung oder jene Synergie der beiden Netzhäute die Bausteine abgiebt.[1])

---

1) In Hasner's Arbeit sind noch ein paar Einzelheiten, über die ich nicht mit ihm einverstanden sein kann. Er sagt nämlich, man sehe ein Prisma bei stereoskopischer Betrachtung obigen Objects mit den beiderseitigen Doppelstrichen von ungleichen Abständen (Fig. 31). In der That sieht man aber eben doch nur die eine Linie schräg vor der anderen, ein Bild, das eben so wohl auf zwei frei im Raum ausgespannte Fäden, oder auf eine einfache schräge Ebene, als auf die eine schräge Seite eines Prisma bezogen werden kann. Ein unzweifelhaftes Prisma würde man erst dann beim binoculären Sehen empfinden können, wenn wenigstens auf der einen Seite eine dritte Linie hinzukäme, welche im Projectionsbilde eines Prisma's wenigstens für das eine Auge nicht fehlen darf (Vgl. meine Schrift S. 76 ff.). — Auch mit folgenden von Hasner angegebenen Versuchen kann ich nicht übereinstimmen: Wenn man zwei gleiche Kreuze für beide Augen zeichnet und einen Punkt m für jedes Auge in ungleicher Entfernung von den Coordinatenaxen, so sollen, wenn man diese Bilder in die Richtung der Sehaxen bringt, wohl die Kreuze, nicht aber die Bilder der Punkte m in Eins zusammenfallen, wenn die Differenz der Abstände der Retinabilder dieser Punkte mehr als 0,002 Mm. beträgt.“ Selbst bei viel grösseren Differenzen der Lage des Punktes sehe ich ein einfaches Sammelbild desselben, ebenso wie des Kreuzes, so lange nämlich die Lagendifferenz der beiderseitigen Punkte nicht grösser ist, als dass das Netzhautbild innerhalb desjenigen subjectiven correspon-

Vor Allen hat aber Volkmann sich bemüht nachzuweisen, dass meine Aufstellung der correspondirenden Empfindungskreise nicht nur den Corollarsatz, sondern auch den Hauptsatz der ursprünglichen Lehre von den identischen Punkten vernichten würde.

Er sucht dies zunächst mathematisch zu beweisen. Seine mathematische Deduction leidet aber an dem allerdings sehr merkwürdigen Fehler, dass er mit denselben Ausdrücken b', c', d' u. s. w. zweierlei verschiedene Werthgrössen bezeichnet! Denn erstens bezeichnet er so diejenigen Punkte, die wirklich immer mit einem Punkte a der anderen Netzhaut Doppelbilder geben müssen, als nicht identische oder nicht correspondirende Punkte im ursprünglichen Sinne, und zweitens bedient er sich derselben Bezeichnungen für die in einem correspondirenden Empfindungskreise gelegenen Punkte, welche gerade in der Beziehung, auf die es hier ankommt, sich von den genannten Punkten b', c', d' u. s. w. unterscheiden und daher einen ganz anderen Werth haben. Die innerhalb eines correspondirenden Empfindungskreises, in dem von mir aufgefassten Sinne, gelegenen Punkte sind ja nämlich eben dadurch charakterisirt, dass sie mit jenem Punkte a der anderen Netzhaut bei gleichzeitiger Erregung nicht Doppelbilder geben müssen, wie dies bei gleichzeitiger Erregung der Punkte b', c', d' u. s. w. geschieht, sondern dass sie mit demselben eine einfache Empfindung vermitteln können. Die mathematische Deduction würde also durchaus eine andere Bezeichnung für die innerhalb des correspondirenden Empfindungskreises gelegenen Punkte verlangt haben, etwa β, γ, δ u. s. w. Alsdann würde aber Volkmann's ganzer mathe-

---

direnden Empfindungskreises fällt, welche dem vom anderen Punkte getroffenen Netzhautpunkte des anderen Auges entspricht, und vorausgesetzt, dass die beiden Punkte eine in beiden Gesichtsfeldern entsprechende Lage zum Kreuze haben, d. h. oben und links, oder oben und rechts, oder unten und links, oder unten und rechts. Je nach der Lage des Punktes im rechten und linken Bilde kann das Sammelbild desselben natürlich vor oder hinter dem Kreuze, oder in gleicher Ebene mit demselben liegend erscheinen.

matischer Beweis in nichts zusammenfallen, denn derselbe ruht allein auf der grundfalschen Voraussetzung, dass b′, c′, d′ u. s. w. wirklich vollkommen gleichwerthig und identisch sein sollen, mit den von mir als β, γ, δ u. s. w. angeführten Grössen.

Volkmann hat sich aber nicht auf seinen mathematischen Beweis beschränkt, sondern sucht auch in anderer Weise darzuthun, dass die Aufstellung der correspondirenden Empfindungskreise nicht nur den Corollarsatz, sondern auch den Hauptsatz der Lehre von den identischen Punkten vernichten müsste. Er meint nämlich, dass sämmtliche innerhalb eines correspondirenden Empfindungskreises gelegenen Punkte in jeder Beziehung unter sich gleichwerthig und identisch sein sollen! Indem er sich bemüht dieses durch besondere Versuche zu widerlegen, vergisst er, dass diese Punkte nach meiner Aufstellung eben nur das mit einander gemein haben sollen, dass sie mit einem bestimmten Punkte a der anderen Netzhaut zusammen ein einfaches Bild geben können. Dieses einfache Bild ist aber, wie ich dargethan habe, ein räumlich wesentlich verschiedenes, je nachdem es zu Stande kommt durch Zusammenwirken des Netzhautpunktes a im einen Auge mit dem einen oder mit dem anderen der innerhalb eines und desselben Empfindungskreises liegenden Punkte, mit α oder mit β, oder mit γ oder mit δ u. s. w. Volkmann ist hier offenbar eben durch den Sprachgebrauch verwirrt worden, auf den er sich beruft, und „demzufolge in der physiologischen Optik die Worte correspondirende und identische Netzhautpunkte als synonym gebraucht werden!“ Volkmann vergisst hier nämlich, dass die Bezeichnung identische Netzhautpunkte auch bei der ursprünglichen Aufstellung kein ganz bezeichnender war, indem er sich auch bei dieser, ebenso wie bei meiner Aufstellung, nur darauf beziehen sollte, dass diese Netzhautpunkte mit einander ein einfaches Bild geben können. Eine absolute Identität der durch zwei „identische“ Netzhautpunkte vermittelten Empfindung hat dieser Ausdruck meines Erachtens auch bei der ursprünglichen Aufstellung nicht ausdrücken sol-

len, denn es war ja schon damals ganz klar, dass der Ort im Raume, der durch Synergie zweier „identischer" Netzhautpunkte empfunden wird, bei einer jeden Veränderung der Augenstellung ein verschiedener, also ein nicht identischer wird, und dass ferner z. B. eine verschiedene Färbung oder Beleuchtung derjenigen Bildpunkte, welche gleichzeitig auf zwei „identische" Netzhautpunkte fallen, ganz verschiedene, nichts weniger als identische Sammelbilder vermitteln kann.

Volkmann hat aber auch noch durch besondere Versuche meine Aufstellung der correspondirenden Empfindungskreise zu widerlegen gesucht. Er zeigte nämlich, dass nicht ein jeder beliebige Eindruck, der einen Punkt a in einem Auge trifft, mit einem jeden beliebigen anderen Eindrucke, der einen anderen „differenten", aber innerhalb des ihm correspondirenden Empfindungskreises des anderen Auges liegenden Punkt β, γ, δ u. s. w. trifft, nothwendig und unter allen Umständen eine einheitliche Empfindung vermittelt, indem z. B. wohl je ein, zwei oder drei Punkte des einen Bildes mit je einem, zwei oder drei Punkten des anderen Bildes combinirt werden können, nicht aber z. B. ein Punkt des einen Bildes mit zwei einander sehr nahe liegenden Punkten des anderen Bildes. Dieses ist eine Thatsache, die mir bei Abfassung meiner Arbeit vollkommen wohl bekannt war. Volkmann hätte für dieselbe in meiner Schrift Belege genug finden können, z. B. in Fig. 6, dem Sammelbilde von Fig. 5 bezüglich der Zahl 6, in Fig. 23, dem Sammelbilde von Fig. 22 oben nnd rechts an den Conturen des Kreuzes, in Fig. 24, dem Sammelbilde der Fig. 23, am Zügel und am Rücken des Pferdes, im Sammelbilde der Fig. 25 an vielen Stellen der in entgegengesetzter Richtung schraffirten Linien, und ferner in den auf S. 42, 43, 58 und 59 angeführten Beispielen. Wenn Volkmann nicht diese von mir selbst herrührenden Versuche übersehen hätte, so würde er es gewiss vorgezogen haben, dieselben zu citiren, anstatt andere Beispiele vorzuführen, die dasselbe darthun, aber die den Lesern des Archivs für Ophthalmologie, denen meine Brochure vielleicht nicht zu Gesicht gekommen ist, als ganz neu und als ihm eigenthümlich erscheinen müssten. Volkmann scheint aber

ebenfalls übersehen zu haben, dass eine, wie mir scheint, recht befriedigende Erklärung der in Rede stehenden, von ihm gegen meine Aufstellung der correspondirenden Empfindungskreise geltend gemachten Thatsache in gewissen anderen, in meiner Schrift mitgetheilten, von ihm aber mit keiner Silbe erwähnten Thatsachen enthalten ist. Diese Erklärung würde Volkmann wohl nicht entgangen sein, wenn er nicht von der zu Anfang seiner Abhandlung ausgesprochenen Voraussetzung ausgegangen wäre, dass die stereoskopischen Erscheinungen den Physiologen nur zu zwei Fragen veranlassen, nämlich über die Ursache des Einfachsehens und der Tiefenempfindung, während doch in der That sehr viel mehr Fragen in Betracht kommen! Anstatt aber die aus meinen Untersuchungen leicht abzuleitende sinnliche Erklärung zu discutiren, octroyirt Volkmann den Lesern des Archivs für Ophthalmologie seine psychischen Erklärungen. Da wir indess später auf meine Erklärungen und auf Volkmann's psychologische Hypothesen zurückkommen werden, mag es mit Rücksicht auf Volkmann's Versuche hier vorläufig genügen, darauf aufmerksam zu machen, dass meine Aufstellung der correspondirenden Empfindungskreise der ursprünglichen Aufstellung der correspondirenden oder sogenannten identischen Netzhautpunkte gegenüber, in keiner Weise durch die angeführte Thatsache alterirt wird. Denn meine Aufstellung setzt ja durchaus nicht voraus, dass mehrere verschiedene Eindrücke, durch welche mehrere innerhalb eines correspondirenden Empfindungskreises liegende Punkte getroffen werden, mit einem Eindrucke, der den zugehörigen empfindenden Punkt im anderen Auge trifft, zu einer einheitlichen Empfindung verschmelzen müssten. Sie besagt nur, dass ein Eindruck, der einen Netzhautpunkt des einen Auges trifft, mit einem Eindrucke, der nicht den ganz correspondirenden Punkt, aber doch einen innerhalb eines gewissen, correspondirenden Bezirkes (oder Kreises) im anderen Auge gelegenen Punkt trifft, einfach empfunden werden kann. Es wäre ja die alte Aufstellung schon unhaltbar, wenn es in einem einzigen Falle möglich wäre zu zeigen, dass es nicht wahr ist, wenn man behauptet, dass nur ein einziger, unwandelbar be-

stimmter Punkt des einen Auges mit einem einzigen unwandelbar bestimmten Punkte des anderen Auges bei gleichzeitiger und wirksamer Erregung einfach sehen kann, und dass es falsch ist, wenn man sagt, dass die Erregung eines solchen Punktes in einen, und irgend eines anderen Punktes im anderen Auge immer ein Doppelbild hervorrufen müsse.

Wenn Volkmann endlich durch fernere Versuche nachgewiesen hat, dass die Grösse der correspondirenden Empfindungskreise in meinem Sinne bei verschiedenen Individuen ziemlich verschieden ist, dass dieselbe auch bei denselben Individuen zeitweilig etwas variiren kann, und dass die correspondirenden Empfindungskreise in meinem Sinne auf verschiedenen Partieen der Netzhaut einen verschiedenen Durchmesser haben, so widerspricht das Alles natürlich meiner Auffassung in keiner Weise, sondern erscheint mir im Gegentheil nur als eine sehr willkommene nähere Präcisirung derjenigen Thatsache, die ich durch Aufstellung meiner correspondirenden Empfindungskreise habe ausdrücken wollen.

Wenn also meine Auffassung der früheren und ursprünglichen Aufstellung der sogenanten identischen oder correspondirenden Netzhautpunkte correct ist, was ich doch hoffe, so kann es doch keinem Zweifel unterworfen sein, dass Hasner und Volkmann geirrt haben, indem sie mir das Recht absprechen, zu behaupten, „dass der Hauptsatz dieser Lehre durch meine Aufstellung in keiner Weise alterirt wird, während aber der Corollarsatz, der nicht mit Nothwendigkeit aus dem Hauptsatze gefolgert werden kann, durch dieselbe aufgehoben wird.“ Es ist und bleibt, wie gesagt, eine von jeder Erklärung, Hypothese oder Theorie unabhängige, empirisch festgestellte und unerschütterliche Thatsache, dass ein jeder empfindende Netzhautpunkt des einen Auges einen correspondirenden Empfindungskreis (in dem von mir aufgestellten Sinne) im anderen Auge hat, der dadurch charakterisirt ist, dass jeder der einzelnen empfindenden Punkte, die er umfasst, mit jenem Punkte im anderen Auge zusammen einfach sehen kann, d. h. ohne Auftreten von Doppelbildern, während früher in jenem Corollarsatze be-

hauptet wurde, dass ein jeder empfindende Netzhautpunkt in einem Auge nur mit einem einzigen empfindenden Netzhautpunkte des anderen Auges einfach sehen könnte, d. h. ohne Auftreten von Doppelbildern. Es versteht sich hiernach von selbst, dass ich auch berechtigt war, dieser Aufstellung (S. 62) hinzuzufügen, dass die Lehre vom Horopter, als Consequenz der Aufstellung der correspondirenden oder identischen und der nicht correspondirenden oder nicht identischen Punkte, durch die in Rede stehende Thatsache ebenfalls alterirt werde. Wenn nämlich der Horopter als derjenige Raum definirt wird, dessen Punkte sämmtlich, bei unveränderter Augenstellung, einfach gesehen werden, so ist es nach Obigem klar, dass derselbe keine einfache Fläche darstellt, sondern eine gewisse Tiefe hat. Diese Tiefe wird empfunden, indem die Synergie eines Punktes a der einen Netzhaut mit einem jeden der innerhalb des ihm correspondirenden Empfindungskreises gelegenen Punkte mit α, β, γ, δ u. s. w. eine specifisch verschiedene ist und eine verschiedene Tiefe im einfach gesehenen Raume (oder im Horopter) erkennen lässt. Will man den Begriff des Horopters im bisherigen Sinne festhalten, so mag man ihn zum Unterschiede vom wirklichen oder empirischen Horopter, den idealen Horopter nennen, und als diejenige ideale Fläche bezeichnen, in der (bei gegebener Augenstellung) die Projectionslinien der Mittelpunkte der beiderseitigen correspondirenden Empfindungskreise zusammenstossen.

Bevor ich nun zur Discussion der von mir einerseits und von Volkmann andererseits gegebenen Erklärungen verschiedener, das binoculare Sehen betreffenden Erscheinungen übergehe, muss ich mir hier noch erlauben, die wichtigsten der in meiner Schrift veröffentlichten, auf experimentellem Wege festgestellten, auf das Sehen mit zwei Augen bezüglichen Thatsachen mitzutheilen. Da nämlich Volkmann diese Thatsachen, welche mir geeignet scheinen eine Theorie des binocularen Sehens anzubahnen, grösstentheils gar nicht berücksichtigt hat, obgleich sie doch auch für die von ihm zur Sprache gebrachten Erscheinungen sehr bedeutsam sind, und da ich

nicht voraussetzen darf, dass meine Brochure allen Lesern des Archivs für Ophthalmologie oder der vorliegenden Zeitschrift zu Gesicht gekommen ist, so dürfte ein kurzes Resumé derselben hier an seinem Platze sein.

Diese Thatsachen, deren experimentelle Begründung in meiner Schrift enthalten ist, auf welche ich in dieser Beziehung verweisen muss, sind folgende:

1) Die vom Licht afficirten Augen nehmen, wenn sie nicht einen bestimmten Gegenstand fixiren, eine individuell bestimmte Stellung ein, die von derjenigen der wie zum Schlafen geschlossenen Augen abweicht, und welche beim Sehen unter allen Augenstellungen die bequemste ist. Ich habe dieselbe die natürliche Augenstellung genannt.

2) Zwei einander entsprechende Conturen, welche beiden Augen dargeboten werden, dominiren innerhalb gewisser Grenzen die Augenstellung, indem sie zum Fixiren und dadurch zum einheitlich Sehen zwingen, vorausgesetzt dass die Conturen zur Querachse der Augen eine senkrechte oder schräge Stellung einnehmen, dass sie deutlich und einander ähnlich sind. Objecte, welche durch diese Eigenschaften die Augenstellung bestimmen helfen, habe ich dominirende Objecte genannt.

3) Conturen beider Netzhautbilder, die einander weder kreuzen noch berühren, machen sich beim Sehen mit zwei Augen auf Kosten der gleichmässig gefärbten Flächen geltend. Insofern die Conturen beider Sehfelder sich im Sammelbilde in dieser Weise verhalten, findet eine einfache und unveränderte mosaikartige Eintragung der Conturen beider Netzhautbilder in das gemeinschaftliche Gesichtsfeld statt.

4) Ausser den Conturen, mit der ihnen eigenthümlichen Färbung, kommt auch die denselben zunächst anliegende Grundfärbung beider Netzhautbilder im gemeinschaftlichen Gesichtsfelde zur Geltung, und zwar in um so grösserem Umfange, je grösser der Farbencontrast oder die Empfindlichkeit der Netzhäute ist.

5) Verschiedene Conturen beider Sehfelder, die einander im gemeinschaftlichen Gesichtsfelde kreu-

zen oder berühren, stören einander durch abwechselndes Hervortreten der Conturen (mit ihrer anliegenden Grundfärbung) des einen und des anderen Bildes, und zwar werden unter sonst gleichen Umständen dicke Conturen durch scharfe und dünne stärker gestört als umgekehrt.

6) Wenn man dem einen Auge ein gefärbtes Bildobject so darbietet, dass es sich im Sammelbilde mit einem anders gefärbten Bildobjecte kreuzt, das dem anderen Auge gleichzeitig dargeboten wird, so zeigen die im gemeinschaftlichen Gesichtsfelde wahrnehmbaren Farben folgendes Verhalten: Sind die Conturen beider Bilder so verschieden, dass eine vollständige Deckung derselben nicht möglich ist, so kommt an jeder Contur die ihr im Einzelbilde anliegende Grundfärbung nach der sub 4 angegebenen Regel zu exclusiver oder fast exclusiver Geltung. An den Bildtheilen aber, wo sich nur die verschiedenen Grundfärbungen oder congruente Conturen decken, macht sich eine wirkliche Farbenmischung oder ein Alterniren der Farben bemerkbar. Je nach der Intensität und Lichtstärke der in Anwendung gebrachten Farben kann man hierbei 3 Fälle unterscheiden: a) Wenn die eine Farbe die andere an Intensität und Lichtstärke bedeutend übertrifft, so ist sie über die schwächere Farbe absolut und bleibend vorherrschend. b) Wenn beide Farben eine gleiche, aber mässige oder geringe Intensität und Lichtstärke besitzen, so ist die Farbenmischung vorherrschend, es tritt aber doch gewöhnlich bald die eine, bald die andere Componente derselben deutlich hervor. c) Wenn Farben von grosser aber gleicher Intensität und Lichtstärke in Anwendung kommen, so tritt abwechselnd die eine und die andere Farbe in so unruhigem Wechsel hervor, dass die Mischfarbe leicht ganz übersehen werden kann; sie ist aber doch vorhanden und besonders beim Uebergange der einen in die andere Farbe deutlich wahrnehmbar. Der bisherige Streit über das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein der Mischfarbe, welche bis dahin unzweifelhaft nur bei polarisirten Farben von Dove und theilweise bei Anwendung verschieden gefärbter Gläser von Brücke, nicht aber für Pigmentfarben, nachgewiesen war, erklärt sich aus der

Leichtigkeit, mit welcher das Urtheil über eine Farbenmodification in der von Brücke angegebenen Weise verschoben wird. Bei der von mir angegebenen Einrichtung des Versuches, welche es möglich macht, gleichzeitig im Sammelbilde die ursprüngliche Farbe und die Mischfarbe wahrzunehmen und zu vergleichen, kann über die wirkliche Wahrnehmung der Mischfarbe auch bei Pigmentfarben kein Streit mehr bestehen. Die Anwendung eines schwarzen Grundes, auf welchem die farbigen Bildobjecte angebracht sind, begünstigt die Wahrnehmung der Farbenmischung, und ermöglicht selbst die Combination passend gewählter Complementarfarben zu Weiss. — Das Alterniren der Farben erfolgt nicht im ganzen Sammelbilde gleichzeitig, und beim Uebergange der einen Farbe zur anderen kommt die Mischfarbe während kürzerer oder längerer Dauer fast ausnahmslos zur Wahrnehmung.

7. Conturen, die nicht ganz congruent sind, können, sofern sie einander im Uebrigen ähnlich sind, bei gleichzeitiger und wirksamer Erregung der einander beinahe, aber nicht vollständig correspondirenden Netzhautpunkte im Sammelbilde einfach, d. h. ohne Doppelbilder, gesehen werden, wenn sie nur innerhalb correspondirender Empfindungskreise der beiden Netzhäute fallen.

8. Bezüglich derjenigen eigenthümlichen Wahrnehmung der Tiefe, welche in dieser specifischen Weise nur beim Sehen mit zwei Augen möglich ist, liessen sich folgende Thatsachen feststellen:

a) Damit der genannte Effect eintritt, ist es nothwendig, dass diejenigen Linien oder Punkte beider Netzhautbilder, welche einander zur Hervorbringung des körperlichen Effects im gemeinschaftlichen Gesichtsfelde decken sollen, einigermassen gleichlaufend, und dass sie auch bezüglich der Conturen und Farben einander einigermassen ähnlich sind.

b) Es ist für denselben durchaus nothwendig, dass diejenigen Linien, welche im Sammelbilde diesen Effect hervorbringen sollen, eine senkrechte oder schräge Stellung haben (dominirende Linien cfr. supra sub 2).

Horizontale Linien bedingen an sich keinen körperlichen Effect, und wenn sie in Verbindung mit senkrechten oder schrägen Linien eine bestimmte Stellung in der Dimension der Tiefe einzunehmen scheinen, so ist man hierzu nicht durch die Empfindung selbst gezwungen, sondern nur geneigt sie mit denjenigen senkrechten oder schrägen Linien verbunden sich vorzustellen, denen sie an Stärke und in anderen Eigenschaften am ähnlichsten sind.

c) Die relative Stärke der Conturen, welche für die Auffassung einer stereometrischen Figur beim Sehen mit einem Auge von so grossem Einflusse ist, ist für den in Rede stehenden, specifisch binoculären Effect gleichgültig, insofern senkrechte oder schräge Linien bei geeigneter Anordnung ebenso entschieden in den Vordergrund treten, wenn sie (gegen die Regeln der Zeichenkunst), schwach, als wenn sie stark sind, während sie bei anderer Anordnung eben so gut in den Hintergrund treten, wenn sie stark, als wenn sie schwach sind.

d) Wenn jederseits zwei einander entsprechende Linien in Anwendung kommen, so ist es zur Hervorbringung des besprochenen Effects allerdings ganz unerlässlich, dass ihr Abstand von einander, wie gesagt in horizontaler Richtung, verschieden ist, es ist aber nicht nöthig, dass die Abstandsdifferenz so gering ist, dass sie im gemeinschaftlichen Gesichtsfelde ohne Doppelbilder einfach gesehen werden, oder zu einem einheitlichen Bilde verschmelzen können. Denn auch bei grösseren Differenzen der Abstände, welche das Auftreten von Doppelbildern bedingen, ordnen sich die Linien des Sammelbildes in der Dimension der Tiefe nach bestimmten Regeln. Ein bemerkenswerther Unterschied macht sich indess zwischen diesen beiden Fällen bemerkbar. Bei geringer Differenz der Abstände zweier Doppellinien ist nämlich bei der Deckung des Bildes nur eine einzige Augenstellung und eine ganz bestimmte Lage der Linien des gemeinschaftlichen Gesichtsfeldes möglich, indem immer die aus

der äusseren der engen und der inneren der weiten Doppellinien combinirte Linie vorn, die aus der inneren der engen und der äusseren der weiten Doppellinien zusammengesetzte Linie hinten erscheint. Das Sammelbild ist ferner vollkommen ruhig und bestimmt, so dass das Bild überhaupt deutlicher und der Effect der Tiefe zwingender wird. Bei grösseren Differenzen der Abstände hingegen sind verschiedene Augenstellungen möglich, indem die Linien der beiden einzelnen Gesichtsfelder in verschiedener Weise combinirt werden können, wodurch, bezüglich der scheinbaren Lage der Linien, nach der Dimension der Tiefe, verschiedene Bilder entstehen. Diese Verschiedenheiten lassen sich in den Satz zusammenfassen, dass die durch Combination entstandene Linie vorgerückt erscheint, wenn der Abstand ihrer Componenten von einander geringer ist, als der Abstand der beiden anderen Linien von einander. Dieser Satz gilt ja übrigens auch für den Fall, wo die Differenz der Abstände so gering ist, dass ein reines einheitliches, nicht mit Nebenbildern behaftetes Sammelbild entsteht; denn die äussere der engen Doppellinien ist nothwendig immer der inneren der weiten Doppellinie näher, als die innere der engen Doppellinien der äusseren der weiten. Dieselbe Regel gilt auch für Kreise oder andere in sich geschlossene Figuren, und die bei ihrer Combination entstehenden Erscheinungen lassen sich aus derselben ableiten oder auf dieselbe zurückführen.

e) Es ist endlich für den in Rede stehenden eigenthümlichen Effect der Tiefe des Sammelbildes beim binocularen Sehen nicht durchaus nothwendig, dass jederseits zwei (oder mehrere) einander entsprechende, aber ungleich weit von einander entfernte Conturen vorhanden sind, sondern es genügt, wenn auf der einen Seite eine einzige Linie mit einer von zweien Linien der anderen Seite combinirt wird. Dabei erscheint, in Uebereinstimmung mit obiger Regel, unter allen Umständen diejenige Linie im gemeinschaftlichen Gesichtsfelde vorn,

die derjenigen der beiden Linien des einen Gesichtsfeldes entspricht, welche der einfachen Linie des anderen Gesichtsfeldes am nächsten ist; diejenige Linie, die von der einfachen Linie des anderen Gesichtsfeldes am weitesten entfernt ist, erscheint dagegen hinten. Es ist hierbei ganz gleichgültig, mit welcher der beiden Doppellinien die einfache Linie im gemeinschaftlichen Gesichtsfelde zur Deckung gebracht wird, so dass nicht etwa die durch Combination entstandene Linie mit Nothwendigkeit vorn erscheint. Die Combination der einfachen Linie mit einer der Doppellinien der anderen Seite, kann man leicht erzielen, wenn man die einfache Linie verschiebbar macht, ein Verfahren, das ich auch zur Bestimmung der natürlichen Augenstellung benutzt habe, und von dem Volkmann später verschiedene Anwendungen gemacht hat. Der in Rede stehende Effect ist weniger deutlich, wenn die Entfernung der Doppellinie auf der einen Seite ein gewisses Mass übersteigt, während auf der anderen Seite eine einfache, verschiebbare, jeder von jenen rücksichtlich der Form und Lage entsprechende Linie angebracht ist (S. 76). Dasselbe gilt in noch höherem Grade von Kreisen, wenn der innere Kreis bedeutend kleiner ist, als der äussere; in diesem Falle wird nämlich die Wahrnehmung der Tiefenverhältnisse im Sammelbilde so undeutlich, dass man sich kaum zu einem bestimmten Urtheile entschliessen kann (S. 77). Wenn dahingegen die Entfernung der Doppellinien oder Doppelkreise auf der einen Seite ein gewisses, dem individuellen Durchmesser der correspondirenden Empfindungskreise bei natürlicher Augenstellung einigermassen entsprechendes Mass nicht übertrifft, und wenn der einfache Kreis der einen Seite mit einem der anderseitigen gleich gross ist, so ist der Effect der Tiefe ganz deutlich wahrnehmbar, obschon immer etwas weniger bestimmt markirt, als wenn auch die zweite der im Sammelbilde erscheinenden Li-

nien (oder Kreise) durch eine zweite Componente verstärkt worden ist.[1])

---

1) Diese Umstände hat Herr Bergmann in den Göttingischen Annalen nicht in Betracht gezogen, deshalb ist ihm auch dieser Versuch nicht recht gelungen. Bei Betrachtung meiner Fig. 53, wo links zwei 3 Mm. von einander entfernte, senkrechte Linien angebracht sind, während rechts nur eine Senkrechte vorhanden ist, konnte er nicht meine Angabe constatiren, der zufolge die eine dieser Linien im Sammelbilde schräg vor der anderen zu liegen scheint. Bei stereoskopischer Betrachtung meiner hier wieder abgedruckten Fig. 54 gesteht er freilich, dass auch ihm der innere Ring etwas schräg zu liegen schien, so dass die eine Seite sich über das Niveau des äusseren Kreises erhebt, die andere hinter dasselbe zurücktritt. Er will aber nur zugeben, dass ihn bei diesem Versuche die Täuschung „angewandelt" habe, und er räumt nicht ein, dass sie von der zwingenden Natur ist, wie bei der stereoskopischen Betrachtung meiner ebenfalls hier wieder abgedruckten Fig. 33. Er behauptet „jene Täuschung gehöre offenbar einer ganz anderen Kategorie an und könne nicht mit dieser in eine Theorie zusammengefasst werden." Wenn Herr Bergmann berücksichtigt hätte, dass die beiden Senkrechten im linken Bilde meiner Fig. 53 drei Mm., die beiden concentrischen Kreise in Fig. 54 aber kaum 1½ Mm. von einander entfernt sind, und dass ich ausdrücklich hervorgehoben habe, dass der Tiefeneffect bei dieser Einrichtung des Versuchs ausserordentlich geschwächt wird, wenn der Abstand der einseitig vorhandenen Doppellinien von einander grösser wird, so würde er doch vielleicht auf den Gedanken gekommen sein, ob nicht der offenbar ungewöhnlich kleine Durchmesser seiner correspondirenden Empfindungskreise daran Schuld sein sollte, dass er die Tiefenempfindung bei Betrachtung meiner Fig. 53, die mir und vielen Anderen ganz unverkennbar ist, nicht wahrnahm, und dass dieselbe ihn bei Betrachtung meiner Fig. 54 nur „anwandelte". Er würde dann den Abstand der Doppellinien in beiden Objecten, besonders aber im ersteren kleiner gemacht haben, und vielleicht würde er schon alsdann den Tiefeneffect in beiden Objecten deutlich wahrgenommen haben. Dass der Effect bei Fig. 33 etwas stärker ist, als bei Fig. 54, kann nicht befremden, weil dort beide im Sammelbilde erscheinende Ringe aus zweien combinirt sind. Der Effect wird ja nämlich offenbar eben durch die Combination der beiderseitigen Kreise beim Binocularsehen hervorgebracht. Es kann nun dem entsprechend vorkommen, dass das eine Auge, wegen ungleicher Accommodation oder Sehkraft, den einfachen Ring der Fig. 54 erheblich deutlicher oder undeutlicher sieht, als das andere Auge die beiden anderen Kreise, und es muss alsdann der in Rede stehende Effect bei einem solchen Individuum weniger

Diese angeführten Thatsachen sind ebenso wie die Thatsache, dass ein empfindender Punkt a im einem Auge mit einem

---

deutlich werden, als bei einem anderen, das mit beiden Augen beide Objecte gleich deutlich sieht (Vgl. meine grössere Schrift S. 38). Ein

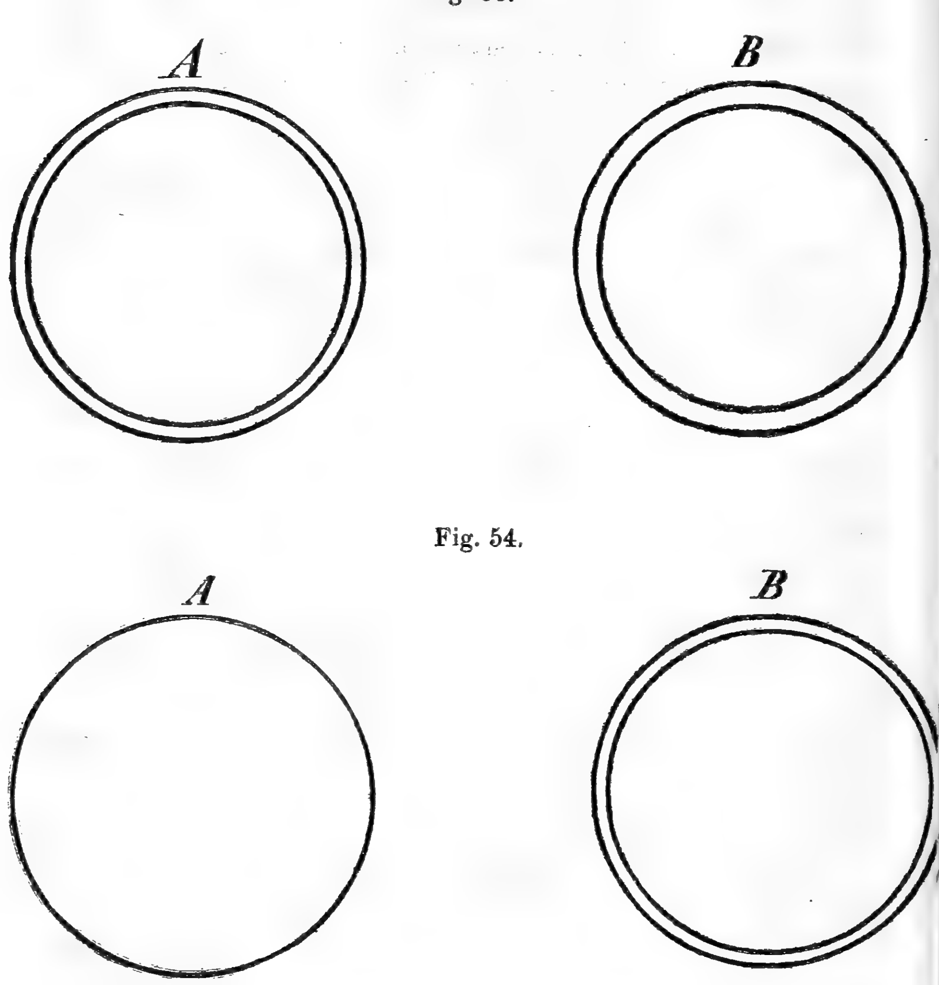


Fig. 33.

Fig. 54.

solches Individuum kann sich indessen in solchem Falle helfen, wenn es, wie ich es bei den Versuchen mit den farbigen Objecten ausdrücklich angegeben habe, dasjenige Auge, welches sein Object am schärfsten sieht, durch Zusammenklemmen der Augenlieder etwas abschwächt, oder wenn es, bei unvollkommener Accommodation des einen Auges, das am undeutlichsten sehende Auge durch ein passendes Brillenglas unterstützt. — Bei Berücksichtigung dieser Verhältnisse und bei Vergleichung beistehender Objecte unter dem Stereoskop, glaube ich, wird

jeden innerhalb des ihm correspondirenden Empfindungskreises im anderen Auge gelegenen Punkte α, β, γ, δ u. s. w. unter geeigneten Verhältnissen einfach sehen kann, von einer jeden Erklärung, Theorie oder Hypothese unabhängig; den Thatsachen müssen sich aber natürlich die Erklärungen accommodiren, und eine Theorie kann nur dann auf Geltung Anspruch machen, wenn die Thatsachen ihr nicht widersprechen.

Ich habe nun allerdings gesucht diese angeführten Thatsachen zunächst einzeln zu erklären, d. h. sie einzeln auf ihre respectiven Grundbedingungen zurückzuführen, aber, ich wiederhole es: „wohl fühlend, dass eine vollständige, einheitliche Theorie, welche auf die letzten Ursachen zurückgeht, als dem Grenzgebiete unseres Wissens angehörig, noch nicht durchgeführt werden kann und vielleicht niemals wird durchgeführt werden können, hätte ich gern hiermit die Arbeit beschlossen! Wenn ich dennoch im Schlussworte einen Versuch gemacht habe, die Art und Weise, wie die eigenthümlichen Empfindungen des gemeinschaftlichen Gesichtsfeldes zu Stande kommen, näher festzustellen und zum Theil auf die Anordnung der Nervenelemente zurückzuführen, so bin ich mir dabei sehr wohl bewusst gewesen, dass dieser Erklärungsversuch nur eine Hypothese ist, der ich selbst keinen weiteren Werth beilege, als dass sie der Auffassung und dem Gedächtnisse zu Hülfe kommt!“ (S. 2.)

Diejenigen Erklärungen, auf die ich mich Gewicht zu legen berechtigt glaubte, beziehen sich also auf die einzelnen angeführten Thatsachen und sind etwa folgende:

ad 1 und 2. Die Thatsachen der natürlichen Augenstellung und der dominirenden Objecte schienen mir nur durch die Annahme genügend erklärt werden zu können, dass die Augenstellung beim Sehen mit zwei Augen zum Theil von einem rein sinnlichen Momente abhängt, das als Reflex-

---

der Leser mit mir einig sein, dass durchaus kein Grund vorliegt, die wahrgenommenen Täuschungen als „nicht gleicher Ordnung“ anzusehen, und dieselben, wie Herr Bergmann es will, „in ganz verschiedene Kategorien zu bringen.“

action dem Sehacte immanent ist. Dabei habe ich aber zugegeben, dass dieselbe zum Theil auch von psychischen Momenten bestimmt wird, zu welchen auch die sogenannte „Scheu vor Doppelbildern“ zu zählen ist. Es lässt sich bezüglich dieser nämlich nachweisen, dass die Unannehmlichkeit, die oft, aber nicht immer, beim Auftreten von Doppelbildern empfunden wird, von dem Wunsche und Bestreben, sachgemäss zu sehen, herrührt. Der eigenthümliche Sinnesreiz der Doppelbilder ist, ohne dies Bestreben, an und für sich nichts weniger als unangenehm, wenn er gleich (wie bei einem Feuerwerk) als starker Reiz ermüdend ist. Bezüglich des speciellen Nachweises, dass wirklich beide diese Momente und nicht etwa nur eines derselben für die Einstellung der Augen beim Sehen in Betracht kommt, muss ich hier auf meine grössere Schrift S. 27—29 verweisen.

ad 3 und 4. Die Thatsachen der mosaikartigen Eintragung der Conturen, die sich weder kreuzen noch berühren, in das Sammelbild, und die Ueberführung der einer Contur zunächst anliegenden Grundfärbung mit der Contur selbst in das gemeinschaftliche Gesichtsfeld, schien mir eine befriedigende Erklärung durch die Annahme zu finden, dass die Conturen mit den ihnen zunächst anliegenden Grundfärbungen beim Sehen mit zwei Augen sich als Sinnesreize von ganz ausgezeichneter Stärke vor dem einfachen Licht- und Schattenreize (ohne Conturen) auszeichnen. Gegen die Erklärung, der zufolge die Aufmerksamkeit, durch den Contrast unwillkürlich angezogen, die Wahrnehmung des Sammelbildes in so auffallender Weise modificiren sollte, habe ich zunächst folgende apriori'sche Bedenken erhoben; 1) Die Aufmerksamkeit ist dem Willen des Beobachters in der Weise unterthänig, dass sie den schwächsten wie den stärksten Eindrücken, die wirklich zur sinnlichen Perception kommen, zugewandt werden kann. Am stärksten wird sie freilich von den starken Sinneseindrücken gefesselt, aber nicht unwiderstehlich, und nur bei gedankenlosem Beschauen wird sie regelmässig und unwillkürlich von den starken Eindrücken angezogen. 2) Die Aufmerksamkeit kann

nur den durch die Sinneseindrücke gegebenen Inhalt, und zwar ganz unverändert, bei der sinnlichen Wahrnehmung aufnehmen. Wir können nun aber die mosaikartige Eintragung der Conturen auch dann noch deutlich wahrnehmen, wenn wir die ganze Aufmerksamkeit der Grundfärbung desjenigen Feldes zuwenden, in welchem keine Conturen verzeichnet sind, und wir empfinden im Sammelbilde deutlich die überwiegende Stärke der einer Contur des Einzelbildes anliegenden Grundfärbung auch dann im Umfange der Contur deutlich, wenn wir unsere volle Aufmerksamkeit der abweichenden Grundfärbung des anderen Bildes zuwenden. Hieraus folgt, dass die in Rede stehenden Thatsachen nicht von dem Einflusse der Aufmerksamkeit abhängen, indem sie trotz derselben erfolgen. Es lässt sich aber auch noch ferner nachweisen, dass der unmittelbare objective Sinnesreiz, den die Conturen und die ihnen zunächst anliegenden Grundfärbungen hervorbringen, wirklich sehr stark ist, stärker als Licht- und Schattenreiz ohne Conturen bei gleicher Beleuchtung. Hiervon zeugt nämlich einerseits das Auftreten von inducirten Farben schwarzer Conturen auf farbigem Grunde, bei heller Beleuchtung beider Gesichtsfelder. Die Farbe, welche inducirt wird, ist dabei allein abhängig von der Farbe des Grundes, auf dem die Conturen verzeichnet sind, und ist unabhängig von der Färbung des gleichmässigen, hellen Feldes. Auch beim monocularen Sehen treten im Wesentlichen gleiche Erscheinungen auf, nur viel schwächer, was theils davon herrühren dürfte, dass die ungleichartigen Erregungen beim binocularen Sehen gleichzeitig statthaben, so dass der stärkere Erregungszustand der den Conturbildern anliegenden Netzhautpartieen bleibend ist und ruhig beobachtet werden kann, theils aber auch davon, dass die sensorielle Erregung des Centralapparates beim binocularen Sehen überhaupt stärker ist, was sich schon durch die grössere Helligkeit des gemeinschaftlichen, als des einzelnen Gesichtsfeldes kundgiebt. Dass es die Stärke der sinnlichen Erregung an sich ist, welche, unabhängig von psychischen Einflüssen, die angeführten Erscheinungen bedingt, geht aber vorzüglich auch noch daraus hervor, dass die

subjective Empfindlichkeit der Netzhaut sich bei allen den genannten Versuchen in ausgezeichneter Weise geltend macht. Wenn diese Empfindlichkeit grösser ist, so treten auch die Schatten oder Höfe an den Conturen viel stärker auf, und zugleich erscheinen die subjectiven Inductionsfarben viel leichter und selbst unter Verhältnissen, unter denen sie bei geringerer Empfindlichkeit nicht wahrgenommen werden.

ad 5 und 6. Sowohl die eigenthümliche Störung des Sammelbildes durch die einander im gemeinschaftlichen Gesichtsfelde kreuzenden oder berührenden Conturen, als auch das merkwürdige Verhalten der Farben des Sammelbildes, wenn die dem einen und dem anderen Auge dargebotenen Objecte verschiedenfarbig sind, schien mir nur durch die Wechselwirkung der beiderseitigen verschiedenartigen Netzhauterregungen im Centralapparate der Gesichtsempfindung, im Gehirn selbst, erklärt werden zu können. Das Resultat der Wechselwirkung kann in diesen beiden Gruppen der Erscheinungen einen zwiefachen Charakter haben, indem sich nämlich entweder eine wahre Vermischung und Verschmelzung oder ein Alterniren der verschiedenartigen, beiderseitigen Netzhauteindrücke geltend macht. Diese beiden verschiedenen Wechselwirkungen können indess in beiden Gruppen neben und nach einander zur Beobachtung kommen. Ob die Vermischung oder das Alterniren der von beiden Seiten verschiedenartigen Eindrücke vorherrscht, ist von der objectiven Stärke der beiderseitigen Erregungen abhängig, indem nämlich die Vermischung oder Verschmelzung durch eine geringe, das Alterniren hingegen durch eine bedeutende Stärke der Erregung begünstigt wird, wobei theils die objective Elongation der Aetherschwingungen (Dove), theils aber auch die subjective Erregbarkeit oder Empfindlichkeit für den Grund der Erregung massgebend ist.

Diese Thatsachen durch den psychischen Einfluss der Aufmerksamkeit zu erklären, ist meines Erachtens geradezu unmöglich. Schon das Alterniren der verschiedenen Conturen

und Farben wird durch diese Hypothese nicht genügend erklärt, weil sie es unerörtert lässt, warum gerade diejenigen Theile der Conturen des Sammelbildes, die sich kreuzen oder berühren, einander stören und nur abwechselnd den Inhalt des einen oder des anderen Einzelbildes zur Erscheinung kommen lassen, während die einander nicht kreuzenden oder nicht berührenden Theile im Sammelbilde bleibend und ruhig erscheinen. Dieser Unterschied des Verhaltens der im Sammelbilde einander kreuzenden oder berührenden und der neben einander liegenden Conturen beweist einerseits, dass die Erscheinung nicht von der abwechselnden Aufmerksamkeit auf den Inhalt des einen oder anderen Netzhautbildes in seiner Totalität abhängen kann, und andererseits, dass auch von einer abwechselnden Erlahmung der einen und der anderen Retina in ihrer Totalität nicht die Rede sein kann. Der Annahme aber, dass die Aufmerksamkeit nur für die einander kreuzenden oder berührenden Bildtheile alterniren sollte, wird entschieden dadurch widersprochen, dass der Wechsel der incongruenten oder verschiedenfarbigen Bildtheile von der Willkür und von der bewusst auf das eine oder andere Bild gerichteten Aufmerksamkeit ganz und gar unabhängig ist. Man mag sich noch so eifrig bemühen, das eine oder das andere der sich kreuzenden Conturbilder, oder die eine oder die andere der mit einander gleichsam wetteifernden Farben durch Anstrengung der Aufmerksamkeit fest zu halten, so erlischt dieses Bild, dass wir uns fest zu halten angelegentlichst bemühen, doch vor unseren offenen Augen, und das andere Bild oder die andere Farbe, der wir keine Aufmerksamkeit schenken wollen, macht sich geltend, erst hier, dann dort, an ganz unbestimmten Stellen, dann überall, um darauf wieder vom anderen Bilde verdrängt zu werden. — Ist nun die Aufmerksamkeitserklärung schon dem Alterniren oder dem Wettstreite der Einzeltheile der beiden verschiedenen Bilder gegenüber nicht haltbar, so wird sie der Thatsache der Mischung der beiderseitigen verschiedenen Eindrücke gegenüber geradezu unmöglich. Selbst Volkmann wird, wenn es ihm, durch die von mir angegebene Andeutung, gelungen sein wird, sich von der unzweifelhaften

Wahrnehmung der binocularen Mischfarben, die er bis dahin in Abrede stellte, zu überzeugen, es schwerlich wagen der Aufmerksamkeitswirkung diese subjective Farbenmischung zuzumuthen.

ad 7. Die Thatsache, die ich durch Aufstellung der empirisch gefundenen correspondirenden Empfindungskreise ausgedrückt habe, schien mir nur von einer ganz eigenthümlichen Wechselwirkung der beiderseitigen Nervenerregungen im centralen Sehapparat abgeleitet werden zu können. Zu dieser Annahme wurde ich dadurch geführt, dass alle anderen Erklärungsversuche sich bei genauerer Untersuchung als unzureichend erwiesen. Als unhaltbar wurden schon oben, bei Besprechung der gegen die Aufstellung der correspondirenden Empfindungskreise gemachten Einwürfe widerlegt: 1) die Hypothese, der zufolge schnelle, kleine Bewegungen der Bulbi ein Verschmelzen der Nachbilder bewirken sollten (Brücke), 2) die Hypothese, der zufolge die Netzhautbilder der ungleichen Doppellinien oder Doppelkreise durch Accommodationsvorgänge und Verlegung der Knotenpunkte gleich gemacht werden sollten, 3) die Hypothese, der zufolge nur abwechselnd das eine und das andere Netzhautbild empfunden würde. In meiner Schrift habe ich ferner 4) der sogenannten psychischen Erklärung gedacht, der zufolge auch dieses Phänomen, wie so viele andere, durch ein räthselhaftes, für mich durchaus mystisches „Spiel der Aufmerksamkeit" bedingt sein sollte. Hiergegen führte ich an: a) dass die Unmöglichkeit, ein Doppelbild zu erkennen, wenn die Abstandsdifferenz innerhalb des empirisch ermittelten Bereichs der correspondirenden Empfindungskreise bleibt, während man bei grösseren Abstandsdifferenzen das Doppelbild leicht und deutlich wahrnimmt, wenn man demselben nur die Aufmerksamkeit zuwenden will, diese Erklärung ausschliesst, und b) dass ein Mangel der Aufmerksamkeit auch unmöglich daran Schuld sein kann, dass das Doppelbild, das bei solchen Abstandsdifferenzen, welche das Mass der empirischen correspondirenden Empfindungskreise nur wenig übertreffen, verwischt und nebelhaft er-

scheint, ja ab und zu selbst zeitweilig unsichtbar werden kann.[1])

---

1) Das eigenthümliche verwischte Aussehen und zeitweilige Verschwinden das eine, als Doppelbild im gemeinschaftlichen Gesichtsfelde sichtbare Linie, unter geeigneten Verhältnissen zeigt, schien mir allerdings darauf hinzudeuten, dass die Function der Netzhaut an dieser Stelle durch die Erregung einer der anderen Stellen theilweise unterdrückt wird. Ich wandte daher dieser verwischten, nebelhaften Erscheinung meine volle Aufmerksamkeit zu, indem sie mir eben ein Uebergang zum vollständigen Verschwinden des Doppelbildes innerhalb der Grenzen des correspondirenden Empfindungskreises zu sein schien. Ich bemerkte in dieser Beziehung S. 61 Folgendes: „Dass hier eine eigenthümliche Erregungsweise der beim Sehen functionirenden nervösen Elemente vorliegt, geht auch noch aus einer anderen S. 53 mitgetheilten Beobachtung hervor. Wir sehen dort nämlich, dass das gewöhnlich zwischen der vorderen und hinteren Linie liegende Neben- oder Doppelbild bei nicht zu grossen Abstandsdifferenzen verwischt erscheint. Ein Mangel der Aufmerksamkeit kann hieran unmöglich Schuld sein, wenn wir bei unserer Beobachtung gerade diesem Doppelbilde unsere ganze Aufmerksamkeit, viel mehr als den anderen, deutlich und scharf erscheinenden Linien zuwenden. Es wird das nebelhafte Verwischtsein dieser Linien um so auffallender, als es sich bei den verhältnissmässig kleinen Abständen der Linien von einander jedenfalls um die Gegend der Retina handelt, die am schärfsten sieht, nicht um weit seitlich von den Augenachsen gelegene Netzhautpartien. Ja es sind die Linien gerade dann am allermeisten verwischt, wenn wir im Bilde des gemeinschaftlichen Gesichtsfeldes der Fig. 32 den Zwischenraum zwischen der vorderen und hinteren Linie scharf fixiren und dabei, wie oben bemerkt, zwei nebelhafte Linien zwischen den deutlich und scharf dastehenden beiden anderen Linien, der vorderen und der hinteren, wahrnehmen. Dann entspricht ja aber die Lage dieser nebelhaft erscheinenden Linien auf der Netzhaut gerade der Stelle des allerschärfsten Sehens, während die deutlich gesehenen Linien mehr seitlich liegen.“ Die Analogie des Verwischtwerdens und des endlichen Verschwindens der dritten Linie, welche der ursprünglichen sogenannten Lehre von den correspondirenden Punkten zufolge im Sammelbilde noch immer, selbst innerhalb der durch die correspondirenden Empfindungskreise bestimmten Grenzen sichtbar sein sollte, mit dem Wettstreite oder Alterniren verschiedenartiger, im gemeinschaftlichen Gesichtsfelde einander kreuzenden oder berührenden Conturbilder (cfr. oben sub 5), veranlasste mich, in einem besonderen Paragraphen (S. 57—59) experimentell zu untersuchen, ob diese Analogie vollständig wäre, und ob wirklich die eine Linie in entsprechen-

ad 8. Alle die sub 8 angeführten Einzelfälle, in welchen die specifisch binoculare Tiefenempfindung zur Wahrnehmung kommt, lassen sich unter einen gemeinschaftlichen Gesichtspunkt bringen, wenn man annimmt, dass wir durch eine dem binocularen Sehen immanente Empfindungsqualität befähigt sind, Ortsempfindungen von dem Punkte zu erhalten, wo die den zusammengehörigen Conturen zukommenden Projectionslinien im äusseren Raume zusammenstossen. Folgende, auf diese Voraussetzung gegründete Construction giebt nämlich Rechenschaft über alle die angeführten Einzelfälle, indem die Kreuzungspunkte der Projectionslinien in allen Fällen der scheinbaren Lage der im gemeinschaftlichen Ge-

---

der Weise wie dort, gleichsam unterdrückt würde? Die von mir angestellten Versuche mit gleichfarbigen Conturen auf verschiedenfarbigem Grunde, mit verschiedenfarbigen Conturen auf gleichfarbigem Grunde und mit gleichfarbigen Conturen, die in einem Einzelbilde an ihren inneren, und im anderen Einzelbilde an ihren äusseren Rändern mit kleinen Abzeichen oder Schraffirungen versehen waren, thaten indess unwiderleglich dar, dass das Bild der einen Linie des Sammelbildes hier nicht, wie dort, unterdrückt wird, sondern dass beide Linien des Sammelbildes, die hintere sowohl als die vordere, aus beiden beiderseitigen Einzelbildern wirklich combinirt wird. Das Verschwinden der einen Linie kann also nicht auf dieselbe Art der Wechselwirkung der beiderseitigen Netzhauterregungen zurückgeführt werden, welche bei dem Alterniren oder dem Wettstreit der einander im Sammelbilde kreuzenden oder berührenden Conturen beider Einzelbilder in Betracht kommt. — Diese Erörterungen scheint Herr Bergmann in den Göttinger gelehrten Anzeigen übersehen zu haben, indem er mir und seinen Lesern den Rath ertheilt, zu „erwägen, ob nicht vielleicht auch durch ein solches Schwanken in der Function der Netzhaut (wie das von mir sub 5 besprochene) Doppelbilder zeitweise verschwinden können, welche nach der Theorie der identischen Netzhautstellen vorhanden sein müssen.“ Er vergisst hier auch, dass das betreffende Doppelbild innerhalb der Grenzen der jedesmaligen individuellen correspondirenden Empfindungskreise nicht zeitweise und beinahe, sondern immer und vollständig als solches unsichtbar wird, also für den Beobachter und für die sinnliche Wahrnehmung wirklich gar nicht als solches, d. h. als Doppelbild vorhanden ist, obgleich es allerdings nach der alten Aufstellung als solches vorhanden sein sollte. Eben daraus folgt ja aber meines Erachtens, dass die alte Aufstellung falsch war!

sichtsfelde sichtbaren Bildpunkte entsprechen und dieselbe bestimmen. Die vier Bildpunkte 1, 2, 3 und 4 können nämlich, je nach Umständen, in a oder in b, oder in c oder in d erscheinen, aber nicht anderswo, als in einem dieser vier Raumpunkte. Zur Erläuterung wird hier ein Beispiel genügen: Treffen z. B. 1 und 3 die Mittelpunkte correspondirender Empfindungskreise (wirklich correspondirende Punkte) in beiden Augen, wie beim vollkommenen Fixiren derselben, so erscheint das einfach gesehene Sammelbild von 1+3 allemal und ganz unzweifelhaft in b. Wenn nun 2 und 4 als Doppelbilder sichtbar sind, so bleibt man in der That in Zweifel, ob c oder d der scheinbare Ort für den Bildpunkt 2 ist, und ob der Bildpunkt 4 auf den Raumpunkt c oder

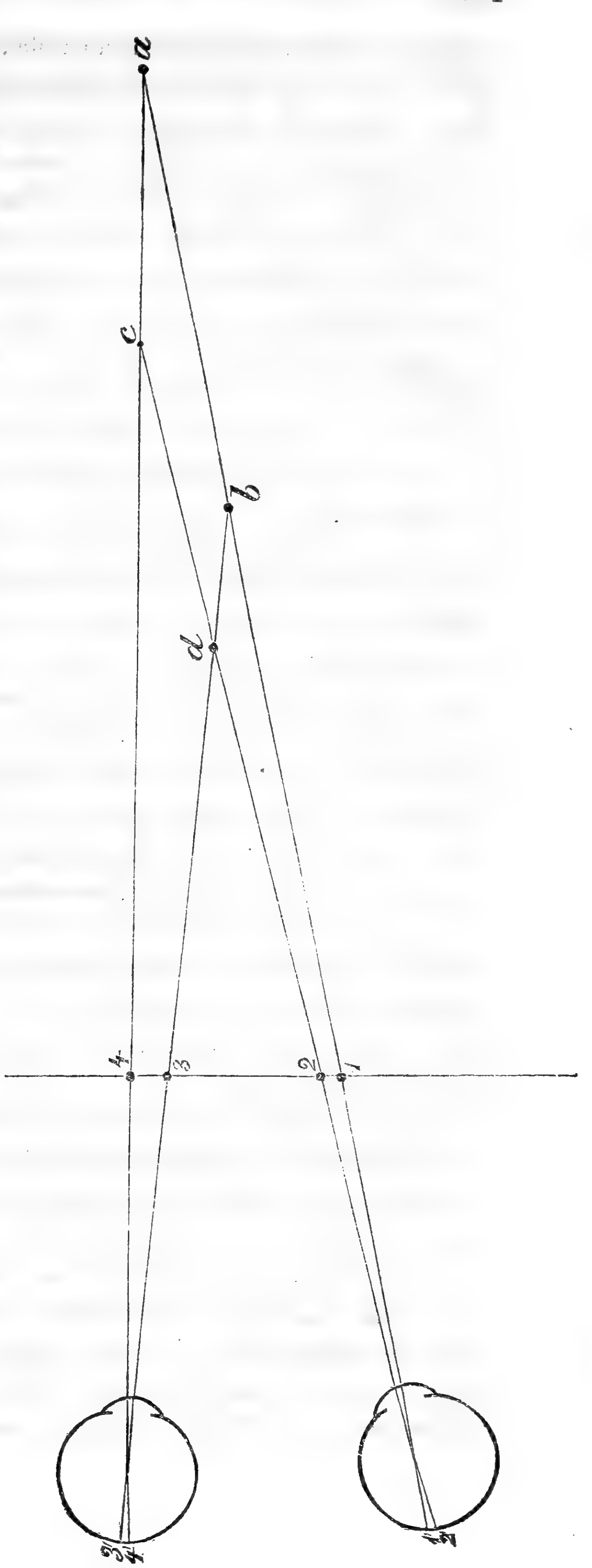


Fig. 56.

auf a zu beziehen ist. Wenn aber das Netzhautbild von 4 innerhalb desjenigen correspondirenden Empfindungskreises des Auges A fällt, der demjenigen Netzhautpunkte entspricht, welcher im Auge B vom Bildpunkt 2 getroffen wird, so fällt jene Unbestimmtheit hinweg, und das einfach gesehene Sammelbild von 2+4 erscheint immer und unzweifelhaft in c, niemals in d oder in a. — Wenn endlich dem Auge A nur ein Bildpunkt z. B. 3 geboten ist, der mit den beiden Bildpunkten 1 und 2 im Auge B binocular combinirt wird, so erscheint im Sammelbilde der Bildpunkt 2 immer in d, der Bildpunkt 1 immer in b, aber die Raumpunkte d und b sind in diesem Falle weniger scharf für die Empfindung markirt, als in demjenigen, wo die Raumpunkte in b und c je durch zwei Componenten, nämlich 1+3 und 2+4 angezeigt werden. Ich hatte die respective Lage der Bildpunkte, vor oder hinter einander, in allen Einzelfällen rein empirisch, ohne irgend welche vorgefasste Meinung bestimmt, bevor ich obige Construction und die derselben entsprechende Erklärung aufstellte. Die vollkommene Uebereinstimmung meiner rein empirischen Beobachtung mit der Construction schien mir einerseits dafür zu bürgen, dass meine Beobachtung, andererseits dass die von derselben abgeleitete Erklärung richtig sei. Es ist hiernach klar, dass die Grundlage dieser meiner Erklärung darauf beruht, dass ich die Wahrnehmung der Projectionslinien und ihrer gegenseitigen Beziehungen zu einander an ihren Kreuzungspunkten bei der jedesmaligen ruhenden Augenstellung als eine reine Sinnesqualität, etwa dem Farbensehen vergleichbar, und nicht als etwas Angelerntes oder durch secundär eingreifende Functionen des höheren Seelenlebens hervorgebrachtes auffasse. Die eifrigen Anhänger der psychischen Erklärungen haben nun zwar die Relation der einzelnen Netzhautpunkte zu ihren Projectionslinien überhaupt als etwas Angelerntes hinstellen wollen. Gegen diese Auffassung führte ich an: einestheils a) die Erfahrungen, die man an Blindgeborenen gemacht hat, die, wie im berühmten Falle des Dr. Franz, plötzlich durch eine glückliche Operation sehend wurden, anderentheils b) die, beziehungsweise zu den Netzhautbildern unverhältnissmässige, schein-

bare Grösse der Objecte, und endlich c) die, wie Czermak durch hübsche Versuche gezeigt hat, jedenfalls nicht angelernte Beziehung der Netzhautbilder auf die Aussenwelt in gekreuzter Richtung, wodurch der Widerspruch des umgekehrten Netzhautbildes mit der Aussenwelt aufgehoben wird. Noch evidenter wird es aber, dass die Beziehung der einzelnen Netzhautpunkte auf ihre Projectionslinien nicht angelernt, sondern angeboren, dass sie nicht durch secundäre psychische Vorgänge, sondern durch eine specifische Empfindungsweise hervorgebracht ist, wenn wir d) das Verhalten solcher Thiere berücksichtigen, deren eigentlich geistiges Leben wir jedenfalls nur sehr gering anschlagen und wahrscheinlich gleich Null betrachten können, und noch mehr, wenn wir das Verhalten solcher eben zur Welt gekommenen Thiere beobachten, die sogleich eine hinreichende Lebhaftigkeit und Beweglichkeit zeigen, um über ihre Empfindungsweise Aufschlüsse geben zu können. Ein vor weniger als 24 Stunden aus dem Ei gekrochenes Hühnchen, das im Dunkeln auskroch und bisher im Dunkeln verweilte, zeigt durch seine Bewegungen, z. B. wenn man nach ihm hascht, auf ganz unverkennbare Weise, dass es die durch die Dinge der Aussenwelt gesetzten Netzhautbilder ohne Weiteres, ohne alle Erfahrung auf die Aussenwelt bezieht. — Aber auch die Wahrnehmung der gegenseitigen Beziehungen der Projectionslinien zu einander, an ihren Kreuzungspunkten, bei der jedesmaligen ruhenden Augenstellung ist nicht ein Product der Erfahrung und secundär eingreifender höherer geistiger Thätigkeit. Denn wenn wir die einfachen Bilder oder Bildelemente, z. B. der Figur 31 oder 33 bei geeigneter binocularer Betrachtung bezüglich der Dimension der Tiefe in einer ganz bestimmten Weise aufzufassen gezwungen sind, so kann dieses, wie mir scheint, nur durch eine angeborene und specifische Empfindungsweise, die durch die gegenseitige Einwirkung der Erregung durch die Conturen der beiden Netzhäute entsteht, vermittelt werden, nicht aber durch psychische Thätigkeiten, weil diese an solchen einfachen Conturen kein Object finden, bei welchen die eine Empfindungsweise bezüglich der Tiefe der anderen aus psychischen Gründen vorzuziehen wäre

Wenn die psychischen Thätigkeiten hier etwas vermöchten, so müsste es bei dem Bewusstsein der Lage aller Conturen in einer Ebene möglich sein, sie auch in einer Ebene zu sehen, dazu ist man aber, falls nur eine der Linien jeder Seite zur Deckung gekommen ist, gar nicht im Stande; man mag die Phantasie, die Aufmerksamkeit u. s. w. noch so sehr anstrengen, es ist nicht möglich, die Tiefenempfindung der binocularen Parallaxe, wie ich sie gemeint, zu beseitigen, wenn man sie erst kennen gelernt hat. Ja noch mehr, in complicirten Zeichnungen, die jede für sich genommen, perspectivisch richtig gezeichnet sind, und in welchen Schatten und alle jene Verhältnisse, welche beim Sehen mit einem Auge durch Vermittelung der Erfahrung und des Urtheils eine bestimmte sachgemässe Auffassung motiviren, kann man durch eine Veränderung der gegenseitigen Lage der Bildobjecte ganz unsinnige Resultate bei geeigneter binocularer Betrachtung derselben erzielen, wie in dem von mir in Fig. 57, gleichsam als Argumentum ad hominem, gelieferten Beispiele. Hiermit sollen die anderen ebenfalls auf unmittelbarer Sinnlichkeit beruhenden Momente, die auch beim monocularen Sehen für die Auffassung der dritten Dimension in Betracht kommen, natürlich in ihrer Bedeutung nicht geschmälert werden; ich habe dieselben vielmehr ausdrücklich hervorgehoben. Eben so wenig habe ich es in Abrede gestellt, dass die eigenthümlichen Empfindungen, welche bei den durch Muskelthätigkeit herbeigeführten Convergenzstellungen der Augenachsen und bei der Accommodation entstehen, die Auffassung der dritten Dimension wesentlich unterstützen, ich habe vielmehr auch diese Momente gewürdigt. Sie reichen aber zur Erklärung nicht allein aus, weil die specifische Empfindung der binocularen Parallaxe sich auch trotz der in entgegengesetztem Sinne redenden malerischen Effecte geltend macht, und weil diese specifische Empfindung auch, wie schon Dove nachwies, bei der durchaus momentanen Beleuchtung durch den elektrischen Funken, wobei Convergenz- und Accommodationsbewegungen ausgeschlossen werden, zur entschiedenen Geltung kommt. Endlich habe ich auch den Einfluss der psychischen Thätigkeiten für

die Construction einer bestimmten, auf die dritte Dimension bezüglichen Vorstellung ausdrücklich eingeräumt, indem ich ihnen die erfahrungsmässige Verwerthung der verschiedenen durch die unmittelbare Sinnlichkeit dargebotenen Momente, unter welchen die specifische Empfindung der binocularen Parallaxe nur einen hervorragenden Rang einnimmt, zugeschrieben habe. Das ist ja doch im Grunde wohl dasselbe, was Hasner ausdrücken will, indem er einerseits sagt, dass die Tiefenempfindung, als ein höherer Act des Sehsinnes, sich nur aus der Empfindung von Bildern auf nicht identischen Retinapartien aufbaue, und andererseits, dass das Flächen- und Tiefensehen auf einem geometrischen Calcul des Sehsinnes beruht.

Wir können nun alle diese Erklärungen der oben zur Sprache gebrachten Thatsachen folgendermassen übersichtlich zusammenfassen:

1. Ich habe es als eine specifische binoculare Sinnesenergie hingestellt, dass verschiedene Färbungen mit einander zu einer binocularen Mischfarbe verschmelzen können. Dieses kommt besonders dann zur Beobachtung, wenn die verschiedenen, beiderseitig auf correspondirende Netzhautstellen einwirkenden Erregungen nicht zu intensiv, oder die Erregbarkeit des Sehorganes nicht zu gross ist. Künftighin will ich dieses die binoculare Synergie der Farbenmischung nennen.

2. Ich habe es als eine zweite specifische binoculare Sinnesenergie hingestellt, dass verschiedenfarbige oder verschieden conturirte Einzelbilder mit einander alterniren können. Dieses wird besonders dann beobachtet, wenn die verschiedenen beiderseitig auf correspondirende Netzhautstellen einwirkenden Erregungen sehr intensiv sind, oder wenn die Erregbarkeit des Sehorganes sehr gross ist. Dieses werde ich künftig die binoculare Synergie des Alternirens nennen.

3. Ich habe es als eine dritte specifische binoculare Sinnesenergie hingestellt, dass wir Bildpunkte, deren einer eine bestimmte Netzhautstelle des einen Auges trifft, während der andere innerhalb des jenem Punkte entsprechenden jedesmaligen individuellen correspondirenden Empfindungskreises fällt,

zu einem einfachen Bilde combiniren können. Diese specifische Energie will ich als die binoculare Synergie des Einfachsehens durch correspondirende Empfindungskreise bezeichnen.

4. Als eine vierte binoculare specifische Sinnesenergie habe ich hingestellt, dass wir die Combination der beiderseitigen, in ihrem Hauptumrisse einander entsprechenden, aber in ihrem gegenseitigen horizontalen Abstandsdifferenzen verschiedenen Bildtheile nach Angabe der Projectionslinien und ihrer Kreuzungsstellen auf die Dimension der Tiefe im Raum beziehen. Diese Energie habe ich die Synergie der binocularen Parallaxe genannt.

5. Ich habe es als einen ganz allgemein, auch für das monoculare Sehen gültigen Satz hingestellt, dass die objective Reizstärke der Conturen sowohl, als durch das den Conturen im Einzelbilde zunächst anliegenden Grundfärbung eine ganz ausgezeichnete, diejenige der einfachen Grundfärbung an Intensität weit übertreffende ist. Hierdurch wurde einerseits die mosaikartige Ausfüllung des gemeinschaftlichen Gesichtsfeldes durch die beiderseitigen Conturen, sofern dieselben sich weder kreuzen noch berühren, erklärt, und andererseits wurde hierdurch diejenige Uebertragung der der Contur zunächst anliegenden Grundfärbung in das Sammelbild verständlich, wodurch die im Sammelbilde einander kreuzenden oder berührenden Conturen der beiden Einzelbilder, kraft der binocularen Synergie des Alternirens, zeitweilig undeutlich gemacht oder selbst ganz zum Verschwinden gebracht werden können. (Die Macht der Conturen und die Macht der den Conturen anliegenden Grundfärbung.)

6. Endlich habe ich die Einstellung der zwei Augen für das Binocularsehen von zwei wesentlich verschiedenen Grundmomenten abhängig gemacht, nämlich:

a) Von einem rein sinnlichen, als Reflexaction dem Sehacte immanenten Momente, das einerseits die natürliche Augenstellung, andererseits den Einfluss der dominirenden (senkrechten oder schrägen) Linien bedingt. Um

eine einfache Bezeichnung für dieses rein sinnliche Moment zu haben, will ich dasselbe künftig den binocularen Reflexinstinct nennen.

b) Von einem psychischen Momente, indem wir uns besonders bei mangelnder Uebung in binocularen Experimenten unwillkürlich bemühen, die beiden Netzhautbilder zu einem verständlichen, sachgemässen Sammelbilde zu combiniren. In Ermangelung eines besseren Ausdruckes will ich dieses Moment künftig den binocularen Intelligenzinstinct nennen.

Dieses sind die Momente, die ich als die wesentlichsten Resultate meiner experimentellen Analyse des gemeinschaftlichen Gesichtsfeldes betrachte. Bei dieser experimentellen Analyse bin ich, wie bei einer chemischen Analyse, auf dem Wege der Exclusion vorgeschritten, bis es mir nach und nach gelang, die einzelnen Elemente zu isoliren und in isolirbarem Zustande, bezüglich ihrer charakteristischen Reactionen, zu prüfen. Wie der Chemiker nach praktischer Ausführung einer Analyse seine eigentliche Arbeit als beendigt ansieht, so that auch ich es, als ich soweit gekommen war. Wenn der Chemiker dann aber noch die allgemeine Frage aufwerfen will, inwiefern das Resultat seiner Analyse mit irgend einer hergebrachten Hypothese über die chemische Constitution der von ihm gefundenen Stoffe oder dergleichen übereinstimmt, so bleibt natürlich eine von ihm hierüber ausgesprochene Vermuthung ohne Einfluss auf die Richtigkeit seiner Analyse, und es wird keinem Chemiker einfallen, dass ein Angriff auf eine solche ganz allgemein gehaltene Muthmassung oder Meinungsäusserung das factische und praktische Resultat seiner Analyse erschüttern könnte. — Wenn ich nun nach Beendigung meiner experimentellen Analyse des gemeinschaftlichen Gesichtsfeldes die Frage aufgeworfen habe, wie denn das Resultat dieser Analyse mit der alten anatomischen Hypothese übereinstimmt, der zufolge je zwei correspondirende Stellen der beiden Netzhäute je einer empfindenden Stelle im Hirn entsprechen sollten, so konnten dadurch doch die Einzelresultate meiner experimentellen Analyse nicht gefährdet werden, denn falls sich eine

Nichtübereinstimmung herausstellen sollte, so würde diese doch nur eine Präsumption gegen jene Hypothese, nicht aber gegen obige Resultate meiner Untersuchung ergeben können. Ich habe nun im Schlussworte allerdings darauf aufmerksam gemacht, dass die von der binocularen Synergie in der Farbenmischung und von der binocularen Synergie des Alternirens, so wie von der Macht der Conturen und der ihnen anliegenden Grundfärbung bezüglichen Thatsachen sich ohne Schwierigkeit mit dieser alten Hypothese vereinigen lassen; ich habe aber zugleich bemerkt, dass diese Hypothese nicht zur Erklärung ausreicht.[1]) Dasselbe gilt von den auf den binocularen Reflexinstinct und den binocularen Intelligenzinstinct bezüglichen Thatsachen; auch sie sind mit dieser Hypothese wohl vereinbar, sie reicht aber auch zur Erklärung der Erscheinungen nicht aus.[2])

Bezüglich der Synergie der binocularen Parallaxe und der binocularen Synergie des Einfachsehens habe ich dahingegen ausdrücklich bemerkt, dass die

---

1) Für die Erklärung der binocularen Synergie der Farbenmischung und des Alternirens müsste man neben dieser noch eine zweite Hypothese zu Hülfe nehmen, nämlich dass zwei qualitativ verschiedene Erregungszustände, die einander in den gemeinschaftlichen empfindenden Hirnpunkten begegneten, einmal die Mischfarbe als Resultate ergeben könnten, und dass ein anderes Mal der eine und der andere Erregungszustand abwechselnd in den empfindenden Hirnpunkten zur dominirenden Geltung gelangen könnte. — Für die Erklärung der Macht der Conturen und der den Conturen anliegenden Grundfärbung könnte man zu jener Hypothese eine andere zu Hülfe nehmen, nämlich dass die Erregung der von einer Contur getroffenen empfindenden Punkte die Erregbarkeit der angrenzenden Theile im Sinne des Contrastes modificiren.

2) Zur Erklärung ist noch die Annahme nöthig, dass der Reflexinstinct sowohl als der Intelligenzinstinct darauf ausgehen, diejenige Augenstellung herbeizuführen, bei welcher die Netzhautbilder eine solche Stellung einnehmen, dass sie einerseits im Sammelbilde möglichst vollständig zur Deckung gebracht würden, und dass sie andererseits dadurch ein sachgemässes oder wahrscheinliches Sammelbild entsteht.

auf sie bezüglichen Thatsachen nicht ohne erhebliche Schwierigkeiten mit dieser Hypothese vereinbar sind! (S. 91.)

Ich habe nirgends behauptet, dass irgend welche anatomische Verbindung der einzelnen empfindenden Netzhautpunkte einerseits und der correspondirenden Empfindungskreise andererseits das Einfachsehen bedingen sollte, ich habe im Gegentheil (S. 92) gesagt: „dass wir über eine solche Verbindung Nichts wissen — ebensowenig als über die nähere anatomische Bedingung für das Verschmelzen der Erregungen der Mittelpunkte zweier correspondirenden Empfindungskreise zur einheitlichen Empfindung", welche der Urheber der alten Aufstellung von den sogenannten identischen Punkten vermuthet und in Form jener Hypothese eingekleidet hatte. Ich habe es mir beispielsweise als ganz offene Fragen hingestellt, ob man hier an eigenthümliche anastomosirende Verbindungen benachbarter Zellen, welche Träger der Empfindung wären, denken könnte? oder ob man sich etwa vorstellen könnte, dass besondere Anastomosen, etwa die Fibrae arcuatae ant. des Chiasma eine Verbindung der correspondirenden Netzhautstellen zu Wege brächten? Ich habe aber nicht im Entferntesten daran gedacht, die eine oder die andere dieser ganz lose hingeworfenen Fragen zu bejahen; es sind mir diese Conjecturen vielmehr immer sehr unwahrscheinlich vorgekommen! (Solcher Fragen, wie die angeführten, liessen sich noch manche aufwerfen. Man könnte z. B. fragen, ob man sich nicht vorstellen könnte, dass die früher von Volkmann sehr wahrscheinlich gemachte Verbindung mehrerer oder vieler Stäbchen und Zäpfchen mit einer Faser des N. opticus für die Synergie des binocularen Einfachsehens und für die Synergie der binocularen Parallaxe in Betracht kommen könnte? Ich bemerke aber ausdrücklich, dass ich auch diese Conjectur durchaus nicht vertreten will! Ich führe dieselbe hier nur an, um Diejenigen, welche mehr Neigung haben als ich, in anatomischen Hypothesen zu machen, auf ein paar Schwierigkeiten aufmerksam zu machen, die sich gegen letztere Conjectur er-

heben, nämlich dass dieselben Stäbchen oder Zäpfchen bei verschiedenen Augenstellungen alsdann verschiedene räumliche Empfindungen müssten vermitteln können, und dass die mosaikartige Eintragung einander sehr nahe liegender Punkte in das Sammelbild mit ihr schwer vereinbar sein würde.)

Ich habe ferner ausdrücklich gesagt, „dass ein jeder Versuch, die Synergie der binocularen Parallaxe mit der gegenseitigen Anordnung der betreffenden histologischen Elemente in Zusammenhang zu bringen, von vorn herein unmöglich ist“ und ich habe des grösseren Nachdrucks halber zwei Mal, S. 88 und 92, den Satz wiederholt: „Durch welche Anordnung und Qualität der Nervenelemente des centralen Opticusgebietes wir in den Stand gesetzt werden, in dieser specifischen Weise nach Richtung der Projectionslinien zu empfinden, und beim binocularen Sehen die Dimension der Tiefe mittelst einer Wechselwirkung der durch die Conturen beider Netzhautbilder hervorgebrachten Erregungen so zu empfinden, wie sie empfunden wird, darüber wissen wir eben so wenig, als z. B. über das Wesen der Farbenempfindung.“ Den Vergleich mit der Farbenempfindung habe ich eben gewählt, um damit die Möglichkeit zu bezeichnen, dass die Synergie der binocularen Parallaxe nicht nur von der localen anatomischen Anordnung der Elemente, sondern vor Allem auch von der Qualität der Erregung abhängen könnte. An dieselbe Möglichkeit habe ich bezüglich der binocularen Synergie des Einfachsehens gedacht; das einheitliche Verschmelzen der beiderseits innerhalb correspondirender Empfindungskreise fallenden Netzhauterregungen könnte vielleicht in gewisser Beziehung stehen zu jener besonderen Qualität der Empfindung (der Tiefenempfindung), welche durch diese Art der Erregung der Farbenempfindung analog hervorgerufen wird. Es war eben die Rücksicht auf diese Möglichkeit: dass specifische, von der Qualität der Erregung abhängige Empfindungsweisen die Synergie der binocularen Parallaxe sowohl, als die binoculare Synergie des Einfachsehens (sofern sie nicht durch die Mittelpunkte der einander correspondirenden Empfindungskreise vermittelt wird) bedingen könnten,

welche mich abhielt, den Schwierigkeiten, welche die hierher gehörigen Thatsachen der alten anatomischen Hypothese entgegensetzten, ein solches Gewicht beizulegen, dass dieselbe aufgegeben werden müsste. Wenn nämlich specifische Qualitäten der Erregung in den genannten Fällen die Erscheinungen bedingen, so kann diese alte anatomische Hypothese, welcher ich übrigens, wie ausdrücklich S. 2 bemerkt, keinen weiteren Werth beigelegt habe, als dass sie der Auffassung und dem Gedächtnisse zu Hülfe kommt, trotz der in Rede stehenden Erscheinungen aufrecht erhalten werden, obgleich sie dieselben natürlich durchaus nicht erklärt und nach mir auch nicht erklären soll.

Man sieht, dass es auf einem vollständigen Missverständniss beruht, wenn Volkmann meiner Ansicht entgegen zu treten meint, indem er mit ganz besonderem Nachdrucke den Nachweis zu führen sucht, dass die binoculare Synergie des Einfachsehens nicht einer solchen Anordnung entspricht, bei der ein jeder empfindende Netzhautpunkt des einen Auges mit einer Summe anderer, innerhalb des correspondirenden Empfindungskreises des anderen Auges liegender empfindender Punkte zu einer solidarischen mit ihr identisch empfindenden Einheit verbunden sein sollte. An eine solche anatomische Anordnung habe ich wirklich niemals gedacht, und ich würde eine so unsinnige Meinung wahrlich nicht einer ausführlichen Widerlegung gewürdigt haben! Die vollständigste Widerlegung einer solchen widersinnigen anatomischen Hypothese ist ja eben in den von mir selbst mitgetheilten Thatsachen enthalten, indem ich nachgewiesen habe, dass ein jeder der vielen, innerhalb eines correspondirenden Empfindungskreises gelegenen, empfindenden Punkte, bei gleichzeitiger Erregung mit dem zugehörigen Punkte a im anderen Auge eine ganz andere Raumempfindung vermittelt, als die Erregung eines jeden anderen, innerhalb desselben correspondirenden Empfindungskreises liegenden Punktes, bei gleichzeitiger Erregung desselben Punktes a im anderen Auge.

(Schluss folgt.)

Durch welchen Mechanismus wird der Verschluss der Harnblase bewirkt?

Von

Dr. med. Sauer in Breslau.

(Hierzu Taf. IV.)

Historisches.

So genau die früheren Anatomen bereits die einzelnen Organe des Körpers beschrieben haben, so viel Aufmerksamkeit und Fleiss man dem Bau und der Structur derselben zugewandt hat, so darf man doch nicht mit Unrecht behaupten, dass gerade die Harnblase eine gewisse Vernachlässigung, ja ich möchte sagen stiefmütterliche Behandlung erfahren hat. Erst in der neuesten Zeit haben zwei wissenschaftlich und literarisch berühmte Männer dies erkannt und nachzuholen gesucht. Ich meine Kohlrausch und Barkow. Ersterer hat in seiner Schrift „Zur Anatomie und Physiologie der Beckenorgane. Leipzig 1854" auch die Harnblase einer genaueren anatomischen und physiologischen Untersuchung unterworfen. Das grösste Verdienst jedoch in der anatomischen Beschreibung gebührt meinem geliebten, hochverehrten Lehrer, dem Professor der Anatomie Dr. Barkow. Selbiger hat mit einem unermüdlichen Fleiss an der anatomischen Untersuchung dieses Organes gearbeitet und seine Resultate in dem Werke: „Anatomische Untersuchungen über die Harnblase des Menschen, nebst Bemerkungen über die männliche und weibliche Harnröhre. Breslau 1858" veröffentlicht.

Barkow sucht den Verschluss der Harnblase besonders in dem elastischen Gewebe, welches in dem Annulus cervicalis elasticus und dem Planum elasticum infundibuli vorzugsweise neben sehnigtem Gewebe vorhanden ist. Ersterer umgiebt kreisförmig die Pars cervicalis urethrae und ist schon von Lieutaud als Anneau ligamenteux beschrieben worden. Das Planum elasticum befindet sich in der nächsten Umgegend des Harnröhreneinganges und zerfällt in das Planum elasticum circulare ostii urethralis, aus kreisförmig den Harnröhreneingang umgebenden Fasern bestehend und in das Planum elasticum uretericum, dessen Fasern anfangs quer, später von aussen und

hinten nach vorn und innen gegen die Mittellinie verlaufen. Im weiblichen Geschlecht lässt Barkow neben dem Planum circulare noch die Pars annularis superior des Involucrum elasticum urethrae den Verschluss bewirken, welches letztere ebenfalls aus elastischen Kreisfasern bestehend, vom Ostium vesicale bis ziemlich zum unteren Ende der Harnröhre sich erstreckt. Die Existenz eines eigenen Sphinkter vesicae wird von ihm in Abrede gestellt. „Ein wirklicher Sphinkter der Harnblase", sagt er, „ist aber nur eine Fiction der Physiologie, welche die Verschliessung einer so wichtigen Oeffnung, wie die der Harnblase, auf dieselbe Weise, wie die anderer grösserer Oeffnungen erklären zu müssen geglaubt hat, ohne auf die grosse anatomische Verschiedenheit derselben zu achten." Die mittlere, aus Kreisfasern bestehende Schicht der Muskelhaut der Harnblase, soll am Beginn des Planum elasticum infundibuli aufhören, oder nur eine kurze Strecke über dasselbe nach abwärts gehen, das Ostium urethrale aber nicht erreichen. „Wenn man," sagt Barkow, „die Prostata und den Annulus cervicalis elasticus genau an der Harnblasenmündung vollständig abpräparirt, so erfolgt sofort eine bedeutende Erweiterung der letzteren, indem das Planum circulare nicht mehr durch den stärkeren Annulus zusammengehalten wird. Hierbei schieben sich alsdann die untersten vorderen Fascikel der Kreisfaserschicht der Muskelhaut bis an den Rand der Oeffnung oder selbst bis über denselben herab und stellen gleichsam einen Semisphinkter dar."

Kohlrausch lässt den Verschluss der Harnblase von zwei Sphinkteren abhängig sein. Der eine, welcher von ihm Sphinkter vesicae genannt wird, soll in der Nähe des Orificium so angeordnet sein, dass kreisförmig und schräg laufende Fasern sich hier zu einer compacteren Masse cirkelförmiger Fasern concentriren und zwar am stärksten an der Uebergangsstelle der Harnblase in die Harnröhre. Dies ist nach ihm ein aus vegetativen Muskelbündeln bestehender unwillkürlicher Sphincter. An ihm soll der Detrusor urinae seine festen Insertionspunkte haben, indem dessen longitudinale Fasern sich pinselartig zwischen den Fasern des Sphinkter verlieren. Als zweiten Blasenschliessmuskel giebt Kohlrausch den Sphincter urethrae an, welcher von ihm als ein dickes und reiches Stratum willkürlicher Muskelfasern beschrieben wird, das in der vorderen Wand der Prostata eingebettet liege. Durch diesen Sphincter voluntarius soll der senkrechte zweischenklige Spalt der Harnröhre, welcher zwischen sich die von der hinteren Wand hereinragende Luette vésicale Lieutaud's hat, mit der Verkürzung des umgebenden Gewebes in querer Richtung enger zusammengepresst und somit verschlossen werden.

Vom physiologischen Standpunkte aus hat man ebenfalls schon lange und viel über den Verschluss der Harnblase gestritten und nach den Momenten geforscht, welche im Leben und Tode das Abfliessen des Harnes verhindern. Haller und

Kohlrausch legen auf die eigenthümliche anatomische Lagerung der Blase im Becken ein besonderes Gewicht. Ersterer ist der festen Ueberzeugung, dass ein unwillkürlicher Sphinkter allein das Zurückbleiben des Harns in der Leiche nicht zu bewirken vermöge. v. Wittich weist jedoch diese Ansicht vollständig zurück, indem er dagegen anführt, dass auch bei vierfüssigen Thieren, wo die Blase sich mehr nach vorn senkt, dasselbe stattfinde, gleichwie man auch menschliche Leichen in jede beliebige Stellung bringen könne, ohne dass Harn abfliesse. Ja es könne die Blase mit ihren Theilen selbst aus dem Becken herausgenommen und mit Wasser oder Luft gefüllt werden, ohne dass durch die Urethra etwas davon entweiche. Kohlrausch lässt aber ausserdem noch die beiden Sphinkteren wirken. Der Detrusor soll nach ihm als Antagonist des Sphinkter vesicae wirken. Die Entleerung des Harns soll dadurch zu Stande kommen, dass der Detrusor durch seine Contractionen den Sphinkter vesicae öffne, gleichwie man die Schnüre eines Beutels mit den Fingern aufzieht.

Wiederholt gab sich zu verschiedenen Zeiten die Meinung kund, dass wohl ein unwillkürlicher Sphinkter vorhanden sein müsse, der in normalen Verhältnissen das Abträufeln des Harns verhindere. Joh. Müller und M. Hall werden als die ersten genannt, welche dem Sphinkter als continuirliche Function eine stetige Contraction zuschreiben, oder mit anderen Worten, einen Sphinkterentonus, welcher überall an den grösseren Oeffnungen des Körpers vorkommt, zum Verschluss der Harnblase annehmen.

Im Jahre 1857 hat Dr. Rosenthal in seiner Inaugural-Dissertation[1]) zugleich über den Verschluss der Harnblase geschrieben und darin (S. 27) nach den Resultaten seiner physiologischen Versuche die Schlussfolgerung ausgesprochen: „dass die Annahme eines eigenen Sphinkterentonus zum Verschluss der Harnblase gänzlich überflüssig sei, da die Blase unter Umständen, wo von keinem Sphinkterentonus die Rede ist, Wasser unter einem Druck zurückhalten kann, der im Leben kaum jemals übertroffen wird.“ Als die hauptsächlichste Ursache des Verschlusses wird von ihm die Elasticität angesehen, weil, wie er sagt, nach der Todtenstarre und öfterer Wiederholung des Experimentes die Druckhöhe so schnell vermindert werde.

Hierauf erschien im Jahre 1858 in Joh. Müller's Archiv für Anatomie und Physiologie ein Aufsatz von Dr. R. Heidenhain und Dr. A. Colberg, betitelt: „Versuche über den Tonus des Blasenmuskels.“ Heidenhain kam nach vielfachem Experimentiren zu dem gegentheiligen Resultate, dass der Druck, unter welchem sich der Schliessmuskel des todten Thieres öffnet, ausserordentlich viel geringer sei, als ihn Ro-

1) De tono cum musculorum tum eo imprimis qui sphincterum tonus vocatur. Regiomonti.

senthal gefunden, und dass die ebenfalls grosse Differenz der Widerstandsfähigkeit des Schliessmuskels im lebenden und im todten Thiere auf einer continuirlichen unwillkürlichen, also tonischen Contraction des Muskels beruhe.

v. Wittich übernahm es sodann in einer Abhandlung „Anatomisches, Physiologisches und Pathologisches über den Blasenverschluss“ [1]) Rosenthal zu rechtfertigen.

Hierin stellt er als den eigentlichen unwillkürlichen Sphinkter die Prostata hin. Von ihr sagt er: „Dieselbe stellt uns beim Manne einen durch Drüsenmasse etwas auseinander gerückten Muskelring dar, der in jeder Beziehung den Anforderungen an einen Schliessmuskel entspricht.“ Ebenso soll auch beim Weibe an der Urethra ein gleicher Sphinkter, als eine kreisförmig jene umgebende Muskellage vorkommen, welche aber nicht als eine continuirliche Fortsetzung der mittleren Muskelschicht der Blase anzusehen sei. Weiter erklärt v. Wittich: „Unterstützt wird die Wirkung der unwillkürlichen Sphinkteren und der ihn begleitenden und umgebenden elastischen Gebilde natürlich noch durch die willkürlichen Sphinkteren: den Mm. urethralis transversus (Krause) des Stratum circulare urethrae und jenen Theil des ersteren, den Kohlrausch als Sphinkter urethrae prostaticus beschreibt. Diese Stütze beschränkt sich aber keineswegs nur auf ihre willkürliche Contractionsfähigkeit, sondern findet sich auch in der elastischen Spannung, in der sie, wie wohl alle animalen Muskeln, sich während des Lebens und unter normalen Verhältnissen befinden.“

Ferner vertheidigt er sich gegen Heidenhain's Annahme, dass er der Elasticität allein die Verhütung des beständigen Abfliessens des Urins zuschreibe, indem er erklärt: „Weder ihm (Rosenthal), noch weniger mir kam es dabei (bei den Versuchen) in den Sinn, den alleinigen Verschluss der Blase auf die Elasticitätswirkung des Sphinkters zu reduciren, ich finde in Rosenthal's Dissertation keine Stelle, die es in Abrede stellt, dass nicht auch bei höherem Druck, d. h. bei weiterer Füllung der Blase, der unwillkürliche Sphinkter wirksam wäre, nur gegen die continuirliche Contraction, den sogenannten Tonus desselben, schienen die älteren Thatsachen und Versuche zu sprechen. Und das leisten sie auch noch — wenn sie eben in der Art angestellt werden, wie es von Rosenthal geschah.“

Hiernach handelt es sich nur noch darum, die Höhe des Druckes kennen zu lernen, bei welchem die Elasticität nicht mehr zum alleinigen Verschluss genügt, sondern jetzt der Hülfe des Sphinkters bedarf. Ohne Zweifel müsste nach v. Wittich's hohen Druckwerthen die Elasticität erst bei sehr beträchtlicher Anfüllung der Blase insufficient für den Verschluss werden. Wir werden aber sehen, dass v. Wittich's Zahlen

1) Medicinische Jahrbücher. Bd. II. Heft I. 1859.

durchaus nicht ein Maass für die Stärke der elastischen Kraft, mit welcher die Blase verschlossen wird, abgeben, sondern wahrscheinlich etwas ganz Anderes messen.

Das Resultat seiner Versuche giebt wie bei Rosenthal sehr viel höhere Werthe, als Heidenhain gefunden. Eine Erklärung der Differenz vermag v. Wittich jedoch nicht zu geben. Die Schlussfolgerung ist: „dass der sogenannte Sphinkter auch im todten Zustande durch seine Elasticität die Blase schliesst, die Blasenwand sehr viel dehnbarer ist, ein sehr viel höherer Druck also erfordert wird, um jenen zu öffnen, als um diese auszudehnen; 2) dass bei weiblichen Individuen der elastische Widerstand des Sphinkters geringer ist, als bei männlichen, deren Prostata auch sehr viel mehr Masse bietet, als die analogen Theile der weiblichen Blase."

Experimentelles—Kritisches.

Die von mir unter Leitung des Herrn Professor Heidenhain angestellten Versuche erstrecken sich sowohl auf lebende als todte Thiere. Bevor ich jedoch zur speciellen Mittheilung der einzelnen Fälle übergehe, will ich zunächst die Methode angeben, die jedesmal angewandt wurde.

Das Thier wurde zunächst auf dem Rücken liegend mit den vier Extremitäten an ein Brett gebunden; hierauf die Bauchhöhle durch einen in der Linea alba verlaufenden Längsschnitt und je einen seitlichen Querschnitt geöffnet, und die an dem Ramus horizontalis ossis pubis entspringenden beiden Musculi recti abdominis lospräparirt, damit die Bauchpresse bei der Harnentleerung nicht mehr mitwirken konnte. Sodann wurden in den Darm einige Tropfen der T. opii simpl. injicirt, um das Thier zu narkotisiren, ferner das Intestinum rectum unterbunden, damit das Herabtreten der Fäcalmassen nicht einen Druck auf die Blase ausüben und so die Harnentleerung begünstigen könnte. Schliesslich wurde der eine Ureter dicht an der Niere abgeschnitten, bis zur Einmündung in die Blase frei präparirt und eine mit einem Hahne versehene Canüle in ihn eingebunden. Die Blase selbst wurde immer erst durch Druck vollständig entleert und der Penis oder der Anfang der Vagina und deren Umgebung sorgfältig mit Fliesspapier abgetrocknet, nachdem zuvor schon die umgebenden Haare mit der Scheere entfernt worden waren. Die v. Wittich'sche Methode, mit einem geölten Bougie vorher die Durchgängigkeit der Urethra zu prüfen, kam nur in einigen Fällen zur Anwendung; wir vermieden absichtlich die Einführung von Fett in die Harnröhre, weil dadurch die Widerstände für das durchfliessende Wasser gesteigert werden könnten. Jetzt wurde an die Canüle ein Hahn geschraubt, der durch einen Gummischlauch mit einem trichterförmigen, ziemlich weiten Wasserbehälter in Verbindung stand. Letzterer war in einen horizontalen Arm eingeklemmt, der selbst wiederum an einem verticalen, mit Centi-

meterscala versehenen Holzpfeiler verschiebbar angebracht war. Vor jedem Versuche und dessen Wiederholung wurde erst der Nullpunkt bestimmt, d. h. es wurde der geöffnete Hahn senkrecht in gleiche Höhe mit der Blase gebracht und durch Verschieben des horizontalen Armes gesehen, bei welchem Centimeterstrich ein Tropfen am Hahn zum Vorschein kam. Das Wasserniveau im Trichter befand sich jetzt also in gleicher Höhe mit der Blase. Noch muss hinzugefügt werden, dass der Druck stets nur um je einen Centimeter gesteigert wurde und wir, wie v. Wittich es gethan, dazwischen immer wenigstens drei Minuten verstreichen liessen. Dabei wurde auch immer genau darauf geachtet, dass die Blase in ihrer natürlichen Lagerung im Becken sich befand und durch Befeuchtung derselben sowie des Ureters eine Vertrocknung nicht stattfinden konnte.

I. Versuch. Es wurde ein lebendes männliches Kaninchen dazu benutzt. Der Nullpunkt war bei 80 Cm.; bei 178 Cm., dem Ende der Centimeterscala, also bei einem Druck von 98 Cm. trat noch keine Harnentleerung resp. kein Abträufeln desselben ein. Das Thier wurde jetzt durch Verbluten getödtet, die Blase wiederum ganz ausgedrückt und der Nullpunkt auf's Neue bestimmt. Die Blase dehnte sich jetzt weit mehr aus und schon bei einem Druck von 17 Cm. trat continuirliches Abträufeln ein. Contractionen waren hierbei an der Blase nicht wahrzunehmen, der Detrusor also wahrscheinlich auch ohne Wirksamkeit.

v. Wittich sah ebenfalls bei einem männlichen Kaninchen unmittelbar nach dem Tode den Blaseninhalt unter einem Druck von wenigen Centimetern ausströmen, auch ohne sichtbare Contractionen der Blasenwand. v. Wittich erklärt dies durch die Annahme, dass der Detrusor urinae den Annulus cervicalis elasticus offen erhalte, während die Blase durch fortwährend neu hinzuströmendes Wasser prall erhalten wird. Wenn nun aber nach Seite 28 das Haupthinderniss des Abflusses in der anatomischen Anordnung der Pars prostatica liegt und diese allein bei männlichen Kaninchen einen Widerstand von 65 Cm. Wasserdruck leistet, wie soll da am eben getödteten Kaninchen deshalb, weil der Annulus cervicalis elasticus durch den Detrusor geöffnet wird, ein Ausströmen möglich werden? Der Prostata-Widerstand bleibt doch nach wie vor bestehen?

Der Detrusor kann aber auch den Annul. cerv. elast. niemals direct, sondern nur indirect, nämlich einzig und allein nur durch Erhöhung des Druckes im Inneren der Blase, oder wenigstens nur unter gleichzeitiger Erhöhung des Druckes des Blaseninhaltes öffnen; er kann nicht den Annul. cerv. elast. wie ein Thor für das aus dem Ureter herbeiströmende Wasser offen halten, er kann selbst nur in Spannung gerathen unter der Voraussetzung, dass er den Blaseninhalt in Spannung setzt. Der Annul. cerv. elast. öffnet

sich immer unter demselben Druck, gleichviel ob dieser Druck durch ein in den Ureter gesetztes Druckrohr, oder durch Contraction des Detrusor herbeigeführt wird. Wenn Wasser continuirlich aus dem Ureter in die Blase und aus dieser in die Harnröhre fliesst, so misst das in den Ureter gesetzte Manometer denjenigen Druck, unter welchem sich der Annul. cerv. elast. öffnet; dabei ist es gleichgültig, ob der Detrusor contrahirt ist oder nicht, denn die Spannung desselben, mit welcher er auf den Annul. cerv. elast. wirken könnte, ist immer gleich der des Blaseninhaltes, und wenn aus dem Ureter continuirliches Abfliessen in die Blase stattfindet, kann der Blaseninhalt nicht unter stärkerem Drucke stehen, als dem in dem Ureter-Manometer herrschenden. Wenn der Annul. cerv. elast. nun schon bei wenigen Centimetern Druck sich öffnet, so scheint die Annahme eines Sphinkters ein unerlässliches Postulat, da im Leben unzweifelhaft oft ein höherer Druck in der Blase vorkommt.

II. Versuch. Ein lebendes weibliches Kaninchen entleerte zuerst unter einem Druck von 9 Cm. den Harn in einem Strahl. Da dies aber unmittelbar auf Berührung der Vulva stattfand, so lag die Erklärung nahe, dass dieser Act auf dem Wege des Reflexes entstanden sei. Nachdem Ruhe eingetreten und gut abgetrocknet war, trat bei 13 Cm. continuirliches Abträufeln ein. Hierauf Tödtung durch Verbluten und Wiederholung des Versuches. Bei einem Druck von 14 Cm. trat continuirliches Abträufeln ein. Da ich jedoch bemerkte, dass beim Ausdrücken der Blase sich ein Theil des Wassers nach der Vagina zurückgestaut hatte, so wurde nach Entleerung beider dieselbe dicht hinter der Blase unterbunden und der Versuch wiederholt. Allein das Resultat war dasselbe; bei 14 Cm. Druck erfolgte continuirliches Abträufeln. Contractionen der Blasenmuskeln waren bei dem letzten Versuche nicht mehr deutlich wahrzunehmen, wohl aber bei dem vorletzten. Deshalb wurde das Thier 24 Stunden liegen gelassen und in der Todtenstarre, wo von einer activen Contraction der Blase nicht mehr die Rede sein konnte, abermals ein Versuch angestellt. Der Nullpunkt war bei 82 Cm., bei 95 Cm. also einem Druck von 13 Cm. trat langsames aber deutliches Abträufeln ein. Die Wiederholung lieferte dasselbe Resultat. Mithin war im Vergleich mit dem Ergebniss bald nach der Tödtung nur eine Differenz von 1 Cm. vorhanden.

III. Versuch. Ein männlicher Hund $1^1/_2$ Stunden nach der Tödtung. Ein Druck von 62 Cm. bewirkte continuirliches Abträufeln, bei der Wiederholung waren nur 60 Cm. nöthig; 21 Stunden nach dem Tode vermochte ein Druck von 83 Cm. noch kein ordentliches Abträufeln zu bewirken, es wurde jetzt, da sich die Blase vom Ureter aus nicht recht zu füllen schien, die Canüle in den Blasengrund eingesetzt. Es erschienen nun die ersten Tropfen schon bei 8 Cm. Druck, bei 28 Cm. ange-

kommen, rann ein continuirlicher Flüssigkeitsstrom an der Wand des Reagensgläschens herab, in welchem der Penis lag.

Dieser Fall findet unten seine vollständige Deutung und Erklärung.

IV. Versuch. Ein weiblicher Hund, der durch Strangulation und Eröffnung der Halsgefässe getödtet worden war, kurze Zeit nach dem Tode. Auf elektrischen Reiz reagirte die Blase noch in kaum merklicher Weise, sie war aber stark contrahirt und dehnte sich bei der Füllung nur wenig aus. 14 Cm. Druck genügten, um continuirliches Abträufeln herbei zu führen. Bei der Wiederholung trat selbiges schon bei $10^1/_2$ Cm. und zum dritten Male bei $13^1/_2$ Cm. ein. 20 Stunden nach dem Tode wurde der Blasenverschluss von Neuem geprüft. Der Hund war todtenstarr, die Schenkel stark adducirt und flectirt. Erst bei 68 Cm. Druck trat sehr allmähliges Abträufeln ein. Hierauf wurden die Schenkel gewaltsam abducirt und gestreckt: der Ausfluss wurde ein continuirlicher. Nachdem die Blase ausgedrückt und der Nullpunkt von Neuem bestimmt worden, ergaben sich 22 Cm., bei welchen fortwährendes Absickern eintrat. Mit Recht durfte jetzt geschlossen werden, dass die Adduction der Extremitäten des todtenstarren Thieres den bedeutenden Druck von 68 Cm. zur Folge gehabt hatten.

V. Versuch. Ein männlicher Hund 36 Stunden nach dem Tode. Die Blase zeigte sich sehr zusammengezogen. Die Todtenstarre war bereits vorüber. Das Experiment ergab bei einem Druck von 35 Cm. continuirliches Abträufeln, die Wiederholung schon bei 30 Cm.

Jetzt wurde die Blase incl. Prostata und Penis heraus genommen und das Experiment wiederholt. 15 Cm. Druck genügten, um Abträufeln hervor zu bringen. — Als die Prostata hierbei bis auf die Urethra eingeschnitten wurde, stürzte das Wasser aus der Harnröhrenmündung hervor.

Am Schluss wird auch dieses Resultat seine Begründung finden.

VI. Versuch. Es wurde ein männliches Kaninchen benutzt. Während des Lebens fand bei einem Druck von 20 Cm. durch Contractionen der Blase Entleerung im Strahle statt, bei 50 Cm. stellte sich continuirliches Abträufeln ein. Nach Tödtung des Thieres wurde hier, sowie bei fast allen folgenden Versuchen, auf + 50° R. erwärmtes Wasser durch den Ureter in die Blase eingespritzt, um die misslichen activen Contractionen der Blase, welche v. Wittich anschuldigt, schneller zu beseitigen und vollständig reine Resultate zu erhalten. Nach einer Viertelstunde waren keine Contractionen mehr sichtbar, dieselben konnten auf Reizung auch nicht mehr hervorgerufen werden. Das von Neuem angestellte Experiment ergab bei einem Druck von 11 Cm. Abfliessen einzelner Tropfen in langen Pausen, bei 12 Cm. continuirliches Abträufeln. Nach 24 Stunden wurde in der Todtenstarre ein abermaliger Versuch

vorgenommen. Hierbei waren nur 5 Cm. Druck erforderlich, um fortwährendes Absickern hervorzurufen. Die Wiederholung zeigte dasselbe Resultat.

VII. Versuch. Ein männliches junges Kaninchen entleerte während des Lebens den Harn bei einem Druck von 13 Cm.; unmittelbar nach dem Tode fand ein continuirliches Abträufeln beim Nullpunkt statt. Auch hier wurde Wasser von + 50° R. in die Blase gespritzt, worauf elektrische Reizung keine Contractionen mehr bewirkte. Das Experiment, so wie dessen Wiederholung ergab bei einem Druck von 17 Cm. starkes Abträufeln.

VIII. Versuch. Ein männliches starkes Kaninchen. Im Leben konnte eine bestimmte Grösse des Druckes nicht eruirt werden, da fortwährend spontan der Harn entleert wurde. Daher Tödtung des Thieres durch Verbluten. Nachdem die Contractionen der Blase durch Einspritzen von auf + 50 R. erwärmten Wassers beseitigt worden waren und der Druck des Blaseninhaltes 13 Cm. stark, der Blasenverschluss aber noch vollkommen fest war, bewirkte eine zufällige geringe Erhebung der linken unteren Extremität, um das Thier genau horizontal zu lagern, ein Abfliessen des Wassers. Wohl möglich, dass eine Zerrung dies veranlasst, da eine mehrmalige Wiederholung dieser Manipulation nicht mehr denselben Erfolg hatte. Dagegen träufelte jedesmal das Wasser dann unausgesetzt ab, sobald das Thier an den beiden unteren Extremitäten gehoben, eine gewisse Höhe erreicht hatte. Beim Zurückgehen in die ursprüngliche Lage liess das Abträufeln sofort nach, begann aber stets auf's Neue, wenn das Becken eine bestimmte senkrechte Erhebung erhielt, gleichviel ob die Schenkel dabei auseinandergezogen oder einander genähert wurden. Nachdem der Ramus horizontalis ossis pubis durchschnitten und der Verlauf der Urethra freigelegt worden war, brachte eine Erhebung des Kreuzbeins dasselbe Resultat hervor. Ja selbst wenn der Blaseninhalt nur unter einem Druck von 2 Cm. stand, erfolgte in der angegebenen Stellung schon continuirliches Abträufeln. Zuletzt wurde der Blasenverschluss noch einmal in der gewöhnlichen Lagerung geprüft. 8 Cm. Druck riefen jetzt das Absickern hervor.

Die hier, wie im folgenden Versuche gemachte Beobachtung scheint denn doch zu beweisen, dass die Lage der Blase im Becken resp. die Stellung des Thieres auf das Abfliessen des Harnes einen gewissen, wenn auch nicht näher anzugebenden Einfluss haben müsse.

IX. Versuch. Ein männliches Kaninchen wurde bald nach dem Tode zum Experiment benützt. Nachdem Wasser von + 50° R. in die Blase injicirt worden war und der Druck 7 Cm. betrug, trat auch hier bei Erhebung des Beckens continuirliches Abträufeln ein. Bei einem Druck auf das Rectum nach unten, wenn sich das Thier in der gewöhnlichen Lage befand, er-

folgte sogar ein starkes Abfliessen. Hierauf wurde die Blase ausgedrückt, der Penis und seine Umgebung sorgfältig mit Fliesspapier abgetrocknet und wie bei v. Wittich ein mit Oel bestrichenes Bougie in die Urethra eingeführt. Jetzt genügten schon 2 Cm. Druck, um Abfliessen hervorzurufen. Bemerkt muss hier noch werden, dass die Canüle im Ureter sich nahe der Blase befand, so dass das Wasser nur ein kurzes Stück desselben durchfloss.

Nach 24 Stunden wurde der Versuch erneuert. Das Thier war in der Todtenstarre. Zuerst wurde die Durchgängigkeit der Urethra mit einem eingeölten Bougie geprüft. Als der Druck auf 11 Cm. gestiegen, erfolgte langsames seltenes Abträufeln, bei 19 Cm. unausgesetztes.

X. und XI. Versuch. Beide haben das Gemeinsame, dass die engen Ureteren das Einführen der Canüle nicht gestatteten, weshalb dieselbe in die Blase eingesetzt werden musste. Bei X. rief im Leben ein Druck von 7 Cm. continuirliches Abträufeln hervor, nach dem Tode schon 1 Cm. In XI. bedurfte es eines Druckes von 15 Cm., um bei dem lebenden Thiere continuirliches Abfliessen hervorzubringen, nach dem Tode genügte ebenfalls 1 Cm. Beides waren männliche Kaninchen.

XII. Versuch. Ein weiblicher Hund bald nach dem Tode. Obgleich der Druck bereits 47 Cm. gross war, so wollte sich dennoch kein Abträufeln zeigen. Ich ging auf den Nullpunkt zurück und stieg auf's Neue langsam in die Höhe, jetzt erschienen bei einem Druck von 5 Cm. einzelne Tropfen am Orificium urethrae. Da die Blase während des Wasserzutrittes sich nicht ausdehnte und erst bei wiederholtem Druck an dem Schlauche dies stossweise geschah, glaubte ich auf ein Hinderniss im Ureter schliessen zu dürfen, welches das Wasser nicht nach der Blase gelangen liess. Inzwischen war Todtenstarre eingetreten. Bei abermaliger Wiederholung des Versuches fand sich die Annahme bestätigt. Ich sah, dass der Ureter nur ein Stück dicht hinter der Canüle vom Wasser ausgedehnt war und auf am Schlauche angebrachten Druck allein pulsirte, während der ganze dahinter befindliche Theil des Ureters nur etwas vorgedrängt wurde und ganz contrahirt war. Die Blase blieb unausgedehnt. Bei fortgerücktem Druck am Schlauch dehnte das Wasser endlich Stück für Stück den Ureter und schliesslich auch die Blase aus, gleichzeitig begann continuirliches Abträufeln. Es wurde jetzt der andere Ureter in seiner ganzen Länge ausgeschnitten, um zu sehen, welcher Druck erforderlich wäre, das Wasser durch den Ureter allein zu treiben. Ein Druck von 121 Cm., womit das Ende der Scala erreicht war, genügte zur Hervorrufung des Abträufelns noch nicht; erst der wiederholte Druck am Schlauch konnte dies erzielen. Mit Nachlass desselben trat sofort wieder Stillstand ein.

Um den Einfluss des Ureters zu eliminiren, wurde die Canüle in diesem bis nahe an die Blase vorgeschoben und der Versuch wiederholt. 4 Cm. Druck riefen jetzt continuirliches Abträufeln hervor. Hierauf führte ich die Canüle durch den Ureter vollends bis in die Blase und wiederum trat bei 4 Cm. Druck dasselbe ein.

48 Stunden nach dem Tode. Canüle wie zuletzt in der Blase befindlich. Wiederum bei 4 Cm. Druck continuirliches Abträufeln. Der ausgeschnittene Ureter zeigte dies jetzt bei 50 Cm., seine Länge betrug $10^1/_2$ Cm. Nachdem er auf $5^1/_2$ Cm. verkürzt worden war, floss das Wasser schon beim Nullpunkt ab, doch zeigte derselbe schon beginnende Fäulniss.

Aus dieser Beobachtung und deren Resultaten glauben wir uns zu dem Schlusse berechtigt, dass der Grund für die grossen Druckdifferenzen in Heidenhain's und v. Wittich's Versuchsresultaten wohl kaum in etwas Anderem zu suchen sein dürfte, als in der Undurchgängigkeit des Ureters. Ja diese Wahrscheinlichkeit steigert sich zur Gewissheit, wenn man die in Vorhergehendem bereits angegebenen und in Nachstehendem enthaltenen Resultate vergleicht. Diese ergeben nämlich:

1. Je näher die Canüle der Blase sich befand, resp. je kürzer das vom Wasser durchströmte Stück des Ureters war, ein desto niedriger Druck genügte, um den Sphinkter zu überwinden und Abträufeln hervorzubringen. Der niedrigste Druck aber zeigte sich in allen Versuchen, wenn die Canüle direct in die Blase gesetzt oder durch den Ureter bis in dieselbe vorgeschoben wurde.

2. War der in seiner ganzen Länge benutzte Ureter weit und durchgängig, so bedurfte es ebenfalls keines sehr hohen Druckes, damit continuirliches Absickern des Wassers eintrat. Bei hohem Druck aber zeigte es sich stets, dass der Ureter ganz oder theilweise contrahirt war, das Wasser gar nicht oder nur ein Stück denselben anfüllte, oft auch plötzlich denselben und gleichzeitig die bis dahin contrahirte Blase ausdehnte und meist sofortiges Abträufeln erfolgte. Wurde der eine Ureter hierauf ausgeschnitten und mit ihm allein experimentirt, so zeigte sich das eben erwähnte Resultat: dass nämlich ein sehr hoher Druck allein erforderlich war, um den Widerstand des contrahirten Ureters zu überwinden. Füglich kann der hohe Druck nicht auf Rechnung des Sphinkters geschrieben werden, da in Wahrheit der Druck in der Blase gar nicht vorhanden war.

v. Wittich hat selbst diese Beobachtung gemacht, ohne jedoch den Fehler erkannt zu haben. Seite 26 wird von ihm mitgetheilt:

„Bei dem Hunde (Versuch No. 8) fand sich nach 24 Stunden ebenfalls eine geschrumpfte starre Blase, aber die Widerstandsfähigkeit des Sphinkters und der Blasenmusculatur waren

einander annähernd gleich, erst bei einer Druckhöhe von 100 Centimetern begann die Blase sich zu dehnen und fiel der erste Tropfen aus der Urethra.

Dies ist offenbar ein gleicher Fall, wie ich deren mehrere beobachtet habe. Die Blase blieb starr und dehnte sich nicht aus, weil im Ureter kein Durchgang für das Wasser vorhanden war. Erst bei 100 Cm. Druck wurde jener durchgängig, die Blase ausgedehnt und bei dieser Grösse des Druckes auch gleichzeitig Abträufeln hervorgerufen.

Der von mir unter Versuch III. erzählte Fall findet jetzt ebenfalls hierin seine Erklärung. Bei ihm wurde schon erwähnt, dass die Blase vom Ureter aus sich nicht recht zu füllen schien. Ebenso dürfte es bei Versuch IV. der Fall gewesen sein, wo kurze Zeit nach dem Tode ein verhältnissmässig niedriger Druck genügte, während in der Todtenstarre anfangs 68 Cm. Druck nur allmähliges Abträufeln erzeugten.

Ferner glaube ich die Beobachtung v. Wittich's, dass nach der Todtenstarre und mit der Anzahl der Versuche die Tragfähigkeit des Sphinkters immer geringer wird, hierauf beziehen zu müssen. Nach der Starre ist der Ureter eben gewöhnlich nicht mehr so contrahirt, wie in derselben, daher wird das Wasser auch bei einem geringeren Drucke schon in die Blase gelangen und so früheres Abträufeln erfolgen.

XIII. Versuch. Ein weibliches lebendes Kaninchen. Der Ureter war in seiner ganzen Länge von $5^1/_2$ Cm.; bei 25 Cm. Druck vermochte es das Wasser nicht mehr zu halten. Nachdem es durch Verbluten getödtet und Wasser von $+50°$ R. in die Blase eingespritzt worden war, brachten 12 Cm. Druck continuirliches Abträufeln hervor. Als die Canüle in die Blase gesetzt wurde, genügten 8 Cm. Druck.

XIV. Versuch. Ein weibliches Kaninchen, dessen Ureter in seiner ganzen Länge benutzt wurde, entleerte im Leben bei 17 Cm. Druck das Wasser im Strahl; bei der Wiederholung erfolgte bei 16 Cm. langsames Abfliessen. Der Ureter war in diesem Falle sehr weit, so dass das Wasser leicht nach der Blase floss und diese schnell ausdehnte. Wiederum jetzt Tödtung und Injection von auf $+50°$ R. erwärmten Wassers. Bei 3 Cm. Druck continuirliches Abträufeln; dasselbe als der Ureter um $^2/_3$ der Länge verkürzt worden war. Ebenso lieferte die Wiederholung und schliessliche Einführung der Canüle in die Blase ein gleiches Resultat.

XV. Versuch. An einem weiblichen Hunde fand ich 2 Stunden nach dem Tode den Ureter ziemlich eng und contrahirt, der höchste Druck am Ende des Pfeilers genügte noch nicht, um denselben durchgängig zu machen. Nachdem er um die Hälfte verkürzt worden war, strömte das Wasser plötzlich bei einem Druck von 124 Cm. nach der Blase, dehnte diese rasch aus und es erfolgte continuirliches Abträufeln. Jetzt wurde der Ureter auf $^1/_4$ der ursprünglichen Länge verkürzt

und bei 107 Cm. Druck Abträufeln erzielt. Zuletzt ergab sich nach Einführung der Canüle durch den Ureter in die Blase bei 16 Cm. Druck continuirliches Abträufeln. Bei der Wiederholung fand dasselbe statt.

Dieser Versuch zeigt auf's Deutlichste, wie mit Verkürzung des contrahirten Ureters der Widerstand in ihm schwand und bei directer Füllung der Blase der Sphinkter nur eine niedrige Belastung ertrug.

28 Stunden nach dem Tode wurde der Versuch mit dem unverkürzten zweiten Ureter auf's Neue angestellt. Derselbe zeigte sich nicht mehr so contrahirt. Bei 26 Cm. angekommen begann die Blase sich zu füllen und auszudehnen; bei 42 Cm. trat Abträufeln ein. Der um die Hälfte verkürzte Ureter wurde bei 16 Cm. durchgängig, das Absickern erfolgte bei 32 Cm. Hierauf wurde jener um $^3/_4$ verkürzt; bei 8 Cm. begann die Blase sich zu füllen, bei 22 Cm. das Abträufeln. Endlich wurde die Canüle auch hier durch den Ureter in die Blase geführt. Absickern bei 16 Cm. Druck, bei der Wiederholung bei 14 Cm.

Hierbei zeigt sich mit der Verkürzung des Ureters ein constantes Sinken des nöthigen Druckes um 10 Cm.; in der Blase stellte sich derselbe Druck von 16 Cm. heraus wie 28 Stunden vorher.

XVI. Versuch. Ein weibliches Kaninchen, dessen Ureter weit und durchgängig war, zeigte im Leben bei einem Druck von 15 Cm. wiederholte Entleerung der Blase im Strahl. Tod durch Verbluten und Injection von + 50° R. warmen Wassers. Beide hierauf angestellten Experimente ergaben bei 9 Cm. Druck continuirliches Abträufeln; nach Einführung der Canüle durch den Ureter in die Blase erfolgte dies bei 7 Cm. Die Blase wurde immer ziemlich weit ausgedehnt.

XVII. Versuch. Bei einem männlichen lebenden Kaninchen liess der in seiner ganzen Länge benutzte Ureter das Wasser leicht nach der Blase fliessen. 13 Cm. Druck bewirkten wiederholte Entleerung im Strahl. Nach der Tödtung und Injection in die Blase erfolgte bei 6 Cm. langsames Absickern, bei der Wiederholung erst bei 34 Cm. Nach 24stündigem Liegen trat in der Todtenstarre bei 26 Cm. Druck in zwei auf einander folgenden Experimenten continuirliches Abträufeln ein, nachdem die Canüle in die Blase geführt worden, zwei Mal bei 6 Cm. Druck.

Dieses letzte und das erste Resultat nach dem Tode lässt im Vergleich mit den anderen schliessen, dass der in seiner ganzen Länge benutzte Ureter doch ein Hinderniss für den Durchtritt des Wassers abgegeben haben muss.

XVIII. Versuch. Ein männliches Kaninchen entleerte wiederholt bei einem Druck von 26 Cm. das Wasser im Strahl. Bald nach dem Tode und nach geschehener Injection genügten in beiden Experimenten 9 Cm. Druck, um continuirliches Ab-

träufeln hervorzurufen. Der Ureter war in seiner ganzen Länge benutzt worden. Ein zuletzt in die Blase gleichzeitig eingeschaltetes Manometer ergab in dieser denselben Druck wie an dem senkrechten Pfeiler.

XIX. Versuch. Ein männlicher Hund 4 Stunden nach dem Tode. Zuerst wurde der Ureter in seiner ganzen Länge benutzt. Erst bei einem Druck von 35 Cm. wurde derselbe durchgängig und gleichzeitig trat auch Abträufeln ein, welches aber bald wieder aufhörte. Bei genauer Untersuchung zeigte sich der Ureter an einer Stelle contrahirt Es wurde jetzt Wasser von + 50° R. eingespritzt, worauf elektrische Reizung weder an der Blase noch am Ureter Contractionen hervorzurufen vermochte. Der neue Versuch erwies nun den Ureter als ganz durchgängig; bei 18 Cm. erfolgte continuirliches Abträufeln und nach Verkürzung jenes um $^2/_3$ seiner Länge bei 16 Cm.

28 Stunden nach dem Tode wurde der andere Ureter in seiner ganzen Länge benutzt, durch welchen kein erwärmtes Wasser injicirt worden war. Ein Druck von 39 Cm. machte plötzlich denselben durchgängig und begann die Blase auszudehnen; bei 45 Cm. erfolgte das Abträufeln. Die Wiederholung zeigte erst bei 125 Cm. den Ureter durchgängig, die Blase füllte sich und es erfolgte Abträufeln. Als die Canüle durch den Ureter in die Blase geschoben wurde, genügten 14 Cm., um starkes Abträufeln herbeizuführen.

Dieser Fall liefert einen abermaligen schlagenden Beweis, dass nur die durch Contraction bedingte Undurchgängigkeit des Ureters so hohe Zahlenwerthe finden lässt, wie v. Wittich sie angiebt, der Sphinkter aber einen so hohen Druck gar nicht erfährt. Mithin sind die früher von Heidenhain und jetzt von mir gefundenen niedrigen Zahlen unbedingt die richtigen wirklichen Druckwerthe für die Eröffnung des Sphinkters.

XX. Versuch. Ein weibliches Kaninchen. Der Ureter war weit und durchgängig, die Blase dehnte sich von Anfang aus; das Abträufeln erfolgte im Leben bei 50 Cm. Nach dem Tode wurde wieder Wasser von + 50° R. injicirt. Continuirliches Abträufeln wurde durch einen Druck von 6 Cm. hervorgerufen. Gleiches Resultat ergab die Wiederholung, sowie der Versuch nach directer Einführung der Canüle durch den Ureter in die Blase.

XXI. Versuch. An einem männlichen Hunde wurde 2 Stunden nach dem Tode der Ureter weit und durchgängig gefunden, die Blase contrahirt. Bei 10 Cm. trat continuirliches Abträufeln ein. Die Wiederholung zeigte den Ureter contrahirt, so dass kein Durchgang des Wassers erzielt werden konnte; als er um die Hälfte verkürzt worden war, machten 90 Cm. ihn durchgängig, die Blase füllte sich und es erfolgte Abträufeln. Hierauf Injection von + 50° R. erwärmtem Wasser, continuirliches Abträufeln bei 16 Cm. 21 Stunden nach

dem Tode wurden ebenfalls 16 Cm. zur Erreichung des Abträufelns erforderlich gefunden; derselbe Druck stellte sich heraus, als die Canüle in die Blase selbst vorgeschoben wurde. Bei Durchleitung des Wassers durch den anderen unversehrten Ureter war derselbe weit und durchgängig, die Blase dehnte sich sofort aus. 20 Cm. riefen sofort Abträufeln hervor.

XXII. Versuch. Ein männlicher Hund zeigte 3 Stunden nach dem Tode die Blase und den Ureter in contrahirtem Zustande. 60 Cm. Druck machten letzteren plötzlich durchgängig, die Blase begann sich zu dehnen, hielt aber sogleich wieder inne; selbst 123 Cm. Druck vermochten hierauf die Durchgängigkeit nicht wieder herzustellen. Dicht hinter der Canüle in einer ungefähren Länge von $^1/_2$ Zoll war der Ureter ampullenartig erweitert, dahinter kam eine durch Contraction eng eingeschnürte Stelle. Es wurde Wasser von + 50° R. eingespritzt, worauf der Ureter weit und durchgängig wurde. Die Blase dehnte sich nun schnell — bei 13 Cm. erfolgte starkes continuirliches Abträufeln. Ich schnitt sodann den anderen Ureter ganz aus, sah aber bei 126 Cm. Druck noch keinen Tropfen an der Endöffnung zum Vorschein kommen, erst bei fortschreitendem Druck am Schlauche zeigte sich Abfliessen, das aber mit Nachlass des Druckes sofort aufhörte.

XXIII. Versuch. Ein männlicher Hund 1 Stunde nach dem Tode. Blase und Ureter waren contrahirt. Bei 75 Cm. wurde letzterer durchgängig, es trat zugleich continuirliches Abträufeln ein, wobei die Blase jedoch contrahirt blieb. Es wurde dieselbe mit dem Ureter und Penis ausgeschnitten und flach auf ein Brett gelegt. 127 Cm. konnten noch keine Durchgängigkeit des Ureters herbeiführen. Der um die Hälfte verkürzte Ureter wurde nach Trennung von der Blase allein zum Experiment verwandt. Bei 56 Cm. Druck floss das Wasser am anderen Ende ab; nachdem er um $^3/_4$ kürzer gemacht, geschah dies schon bei 23 Cm. Der andere Ureter für sich allein benutzt zeigte sowohl bei seiner ursprünglichen Länge, als auch der Hälfte derselben unter 128 Cm. Druck noch keine Durchgängigkeit. Nachdem jedoch Wasser von + 50° R. durch ihn gespritzt worden war, trat schon beim Nullpunkt Abfliessen ein.

XXIV. Versuch. An einem männlichen Hunde fand ich $1^1/_2$ Stunde nach dem Tode Blase und Ureter contrahirt. 24 Cm. Druck bewirkten eine allmählige Durchgängigkeit, die Blase dehnte sich schnell und es erfolgte starkes und continuirliches Abträufeln. Bei der Wiederholung zeigte sich nur $^1/_3$ des Ureters ausgedehnt, während die übrigen $^2/_3$ stark contrahirt waren und es auch bis zu einem Druck von 104 Cm. blieben. Dieser jedoch überwand die Contraction, die Blase füllte und dehnte sich, es trat starkes Abfliessen ein. Nachdem der Ureter um die Hälfte verkürzt worden war, waren sogar 114 Cm. Druck nöthig, um den Widerstand desselben zu überwinden. Inzwischen war Todtenstarre eingetreten. Als

zuletzt die Canüle durch den Ureter in die Blase geführt wurde, erfolgte bei 10 Cm. Druck continuirliches Abträufeln.

24 Stunden nach dem Tode wurde der zweite Ureter in seiner ganzen Länge ausgeschnitten und der Versuch mit ihm allein vorgenommen. Der erste Tropfen wurde bei 22 Cm. Druck an der Endöffnung sichtbar. Bei 34 Cm. trat schnelleres Abträufeln ein, bei 57 Cm. continuirliches Abfliessen.

* *
*

Uebersehen wir nun nochmals die lange Reihe der angestellten Versuche, um zu einem endgültigen Urtheil über den Mechanismus zu gelangen, welcher den Blasenverschluss bewirkt, so drängt sich uns die Frage auf: Welchen Druck sind die den Blasenausgang umgebenden Gebilde vermöge ihrer blossen Elasticität zu tragen im Stande?

Die Antwort hierauf geben diejenigen Versuche, welche nach Beseitigung aller activen Muskelcontractionen angestellt worden sind (was in unseren Versuchen durch Einspritzen von Wasser von + 50° R. in die Blase geschah).

Eine Uebersicht der Ergebnisse liefert folgende Tabelle:

Versuch	Thier, an welchem der Versuch angestellt wurde	Druck bei welchem das Harnabträufeln begann, wenn die Canüle in den Ureter	in die Blase gesetzt wurde
		Cm.	Cm.
VI.	Männliches Kaninchen	12	
VII.	" "	17	
VIII.	" "	8	
IX.	" "	2	
XVII.	" "	6	6
XVIII.	" "	9	
XIII.	Weibliches Kaninchen	12	8
XIV.	" "	3	3
XVI.	" "	9	7
XX.	" "	6	6
XIX.	Männlicher Hund	18	14
XXI.	" "	16	16
XXII.	" "	13	

Aus diesen Zahlenergebnissen ist mit Sicherheit zu schliessen, dass wenn der Druck in der Blase über 2—18 Centimeter steigt, die Elasticität nicht mehr ausreicht, um den Abfluss zu verhindern, dass also dann zur Sicherung des Blasenschlusses active tonische Muskelcontraction eintreten muss.

Man könnte gegen die Richtigkeit dieses Schlusses den Einwand erheben wollen, dass das warme Wasser die elastische Kraft der zum Verschlusse dienenden Gebilde verringere. —

Dieser Einwand erscheint schon misslich, wenn man bedenkt, dass die Elasticität quergestreifter Muskeln nach dem Verluste der Erregbarkeit steigt. Wir haben indess noch zwei andere Gründe, welche jenen Einwand widerlegen.

Erstens hat uns der directe Versuch gelehrt, dass das warme Wasser die Elasticität der glatten Muskeln wenigstens keinesfalls in dem Maasse herabsetzt, wie es der Fall sein müsste, wenn jener Einwand begründet sein sollte. Wir füllten die Blase eines seit 24 Stunden todten Hundes unter 30 Cm. Druck mit Wasser und bestimmten ihr Gewicht. Hierauf wurde sie entleert, in Wasser von 50 ° R. erwärmt und von Neuem unter demselben Drucke gefüllt. Es hatte eine Gewichtszunahme um 0,37 Grm. stattgefunden, während der gesammte Blaseninhalt 12,5 Grm. betrug. Wollten wir nun auch diese gesammte Gewichtszunahme auf Rechnung des Blaseninhaltes setzen, (was jedenfalls nicht richtig ist, weil die Blase bei dem längeren Verweilen in Wasser von + 50° ohne Zweifel etwas gequollen sein wird), so würde diese doch nur 1/33,8 des Gesammtvolumens betragen, also innerhalb der bei einem solchen Versuche unvermeidlichen Fehler liegen. Keinesfalls, und das constatirt zu haben genügt für unsere Zwecke, kann von einer erheblichen Zunahme der Dehnbarkeit der glatten Muskelfasern nach Einwirkung von Wasser von + 50° R. die Rede sein.

Zweitens ist oben eine Reihe von Versuchen an eben getödteten Thieren aufgeführt, bei welchen, vorausgesetzt dass die aus den etwaigen Ureterwiderständen resultirenden Fehler durch Einführung der Canüle in die Blase beseitigt waren, sich Druckwerthe als Maasse für die elastische Schlussfähigkeit der Sphinkteren ergaben, die ganz innerhalb derjenigen Grenzen liegen, welche die eben vorher aufgeführte Reihe giebt.

Wir stellen diese Werthe noch einmal zusammen:

Versuch	Thier, an welchem die Versuche angestellt wurden	Druck, bei welchem das Harnträufeln begann Cm.
I.	Männliches Kaninchen	17
X.	„ „	1
XI.	„ „	1
XVII.	„ „	6
II.	Weibliches Kaninchen	14
XXIV.	Männlicher Hund	10
IV.	Weiblicher Hund	14
XII.	„ „	4
XV.	„ „	16

Was den v. Wittich'schen Einwand gegen die Gültigkeit dieser Versuche (Eröffnung des Annulus cerv. elast. durch active Contraction des Detrusor) betrifft, so ist schon oben bei Versuch I. das Nöthige bemerkt worden.

Die durch die blosse Elasticität des Sphinkters getragenen Druckwerthe sind also sehr gering; es ist kein Zweifel, dass im Leben meistentheils der Druck in der Blase ein weit höherer ist. Dann muss sofort die tonische Contraction des Sphinkters ins Spiel treten. Will man nun freilich an Worten hängen, so wird man sagen, dass der Tonus des Sphincters noch immer nicht erwiesen sei, denn die active Contraction desselben sei nicht benöthigt, so oft der Druck in der Blase unter 2—18 Centimeter sinkt; — ein Einwurf, dem wir zu begegnen weder wissen, noch auch wünschen.

Als Gegengründe eines Tonus hat man 1) den starken Druck angeführt, welcher bei todten Thieren zur Entleerung der Blase mit der Hand erforderlich sei; 2) hat v. Wittich die von ihm gefundenen hohen Zahlenwerthe dagegen aufgestellt.

Was den ersten Einwurf betrifft, so glauben wir ihn durch Folgendes widerlegen zu können.

So oft wir bei der Wiederholung der Experimente die gefüllte Harnblase ausdrückten, und dabei den Druck der Finger auf den Gipfel der Blase wirken liessen, so dass diese im Ganzen nach unten geschoben wurde, hatten wir eine ziemlich bedeutende Kraft anzuwenden, um den Harn auszutreiben; fast immer floss auch das Wasser nur ab, ohne einen Strahl zu bilden. Zogen wir dagegen die Harnblase, einzig sie mit den Fingern umfassend, nur ein wenig nach oben hin, so vermochte der geringste Druck zweier Finger sehr leicht den Harn in vollem Strahle zu entleeren. Niemals auch fanden wir nach dem Tode an den Thieren, welche zu den Versuchen benutzt wurden, eine vollständig straff ausgedehnte Blase, im Gegentheil war sie stets selbst bei ziemlicher Anfüllung schlaff.

Was v. Wittich's hohe Zahlenwerthe betrifft, so erklären sich dieselben einerseits aus dem schon mehrfach dargethanen Widerstande im Ureter, der wahrscheinlich von ihm übersehen wurde und welcher noch lange nach dem Tode fortdauert, wenn die Ringmuskeln der Harnleiter im contrahirten Zustande todtenstarr geworden sind, andererseits können aber vielleicht auch die Muskelfasern der Pars prostatica urethrae im contrahirten Zustande erstarrt gewesen sein und dem Abfluss des Wassers einen gleichen Widerstand wie im Ureter dem Eintritt desselben entgegengesetzt haben. Dass die Einführung eines kleinen gefetteten Bougies diesen Widerstand nicht aufzuheben vermochte, ist wohl einleuchtend.

Auf diese Weise findet auch der unter Versuch V. mitgetheilte Fall seine Deutung. Durch den Einschnitt in die Prostata wurde der Widerstand aufgehoben und das Abfliessen begünstigt. Dass diese letztere Erklärung nicht ohne Grund ist, wird dadurch sehr wahrscheinlich, dass, wenn die glatten Muskeln vor dem Erstarren sich zusammen zu ziehen verhindert gewesen sind (Injection von heissem Wasser), nun und nim-

mermehr so hohe Druckwerthe von dem Sphinkter ertragen werden, wie sie v. Wittich fand.

* *
*

Die Annahme eines Sphinkterentonus musste uns trotz der obigen physiologischen Ergebnisse so lange noch misslich erscheinen, als der Sphinkter selbst nicht von dem Verdachte gereinigt war, eine Fiction der Physiologie zu sein.

Schon v. Wittich hat zu den Angaben Barkow's über den Bau der zum Blasenverschlusse dienenden Theile der Harnblase wichtige Zusätze gemacht. Er fand, dass beim Menschen in das Planum elasticum Barkow's zahlreiche, namentlich an Carminpräparaten deutlich sichtbare Muskelbündel eingesprengt sind, wenn schon er geneigt ist, Barkow darin beizustimmen, dass ein Sphinkter vesicae im eigentlichen Sinne als eine continuirliche, den Ausgang der Blase vor der Harnröhrenmündung umgebende Muskellage nicht existire. Dagegen macht er darauf aufmerksam, dass die ringförmig verlaufenden starken Muskelbündel der Prostata sehr wohl den Dienst eines die Blase schliessenden Muskels versehen könnten und schreibt geradezu der Musculatur der Prostata die Function eines Blasensphinkters zu.

Wir müssen nach unseren Erfahrungen am Hunde und Kaninchen noch weiter gehen und es späteren Untersuchungen anheimstellen, wie weit sich beim Menschen dieselben Verhältnisse wiederfinden, wie bei den obigen Thieren, es bedauernd, dass uns menschliche Blasen zur Untersuchung nicht zur Disposition standen. Bei beiden Thieren findet sich am unteren Ende des Blasenhalses, vor der Prostata, ein starker musculöser Sphinkter als continuirliche, ununterbrochene Ringfaserschicht, der nach unten hin continuirlich mit der Ringmusculatur der Prostata zusammenhängt. Die Ueberzeugung der Anwesenheit desselben verschafft man sich leicht auf folgende Weise. Man schneidet die Blase sammt Prostata aus, öffnet den Blasengrund, entleert den Inhalt und erhärtet dann die ganzen Organe in absolutem Alkohol. Nach 24—28 Stunden gelingt es leicht, Querschnitte durch die ganze Blase an dem unteren Theile derselben zu machen. Man hellt sie durch ein wenig Essigsäure auf, thut aber zweckmässig, sie nicht in Essigsäure liegen zu lassen, sondern, nachdem hinreichende Durchsichtigkeit erreicht ist, sie in einer sehr verdünnten und mit wenig Glycerin versetzten Chromsäure aufzubewahren. Schon bei sehr geringer Vergrösserung überzeugt man sich von der Anwesenheit einer starken ringförmig verlaufenden Muskellage. Fig. I. stellt einen solchen Querschnitt vom Hunde, etwa 2—2½ Linien über dem Orificium internum urethrae durch die Blase geführt, dar. Das Lumen der Blase ist winklig verzogen, weil die Blase in dem Alkohol sehr geschrumpft ist. Dasselbe wird zunächst von der Schleim-

haut umgeben, auf welche der Sphinkter folgt. Nach aussen sind quer und schräg durchschnittene Bündel der äusseren Lagen der Blase sichtbar. Fig. II. stellt einen Durchschnitt derselben Blase an der Uebergangsstelle in die Urethra, noch dicht vor der eigentlichen Prostata dar. Die Verhältnisse sind hier dieselben, nur sieht man in der Submucosa bereits Drüsenschläuche von gleichem Bau wie die Prostatadrüsen.

Bei stärkerer Vergrösserung erkennt man, was mit blossem Auge oder bei schwacher Vergrösserung zu sehen nicht möglich ist, dass in der Submucosa ein reiches Netz elastischer Fasern vorhanden ist. Fig. III. stellt einen Querschnitt durch die Blasenwand, ein wenig über der Stelle des Schnittes Fig. I. dar. Die Submucosa enthält hier ein dichtes elastisches Netz (Analogon des Planum elasticum Barkow's beim Menschen). Fig. IV. endlich ist ein Schnitt durch die innere Hälfte der Pars prostatica urethrae und die Prostata selbst von einem grösseren Hunde, der wohl keiner weiteren Erläuterung bedarf. Uebrigens ist zu bemerken, dass das elastische Netz der Submucosa, ein Analogon des Annul. cerv. elast. Barkow's, beim Kaninchen sehr viel weniger ausgebildet ist, als beim Hunde. Wenigstens findet sich schon vor der Mitte der Prostata keine Spur desselben mehr; es folgt die Ringmusculatur unmittelbar auf die Schleimhaut.

Die Resultate der physiologischen Untersuchungen finden somit an den anatomischen Ergebnissen eine vollkommen befriedigende Unterstützung.[1])

Ueber die Harnmenge bei Bewegung der unteren und oberen Extremitäten.

Von

Johannes Bergholz aus Holstein.

„Körperliche Anstrengung setzt die absolute Wassermenge des Harns herab," sagt Funke in seiner Physiologie. Hiermit im Widerspruch war mir die Bemerkung aufgefallen, dass ich viel Harn lassen musste, wenn ich einen Marsch machte, nachdem ich längere Zeit gesessen hatte. Ich beschloss dies zu controliren. Ich stellte die Versuche Vormittags an, damit eine grössere Mahlzeit keinen Einfluss ausüben konnte. Ich hatte Morgens nur ein Frühstück genossen aus 2 Tassen Kaffee und etwas Butterbrod. Ich nahm bei den Versuchen Rücksicht

1) Die anatomisch-mikroskopische Untersuchung und deren Erläuterung hatte Herr Professor Heidenhain die Güte selbst in die Hände zu nehmen.

auf den Puls. Der Harn wird aus dem Blute abgeschieden, man sollte denken, je schneller das Blut in den Nieren kreist, je mehr Harn. Es schien mir wahrscheinlich, dass auf gleiche Anzahl Pulsschläge, auch gleiche Quantitäten Harn kommen würden. Diese Meinung bestätigte sich nicht. — Es ist wohl zu bemerken, dass meine Körpergrösse 68 Zoll dänisch Maass, Gewicht 146 Pfund ist.

Diese Versuche ergeben Folgendes. Einige andere Versuche, die ich noch weiter zur Controle machte, ergaben ziemlich dieselben Verhältnisse.

	Zeit in welcher der Harn gelassen wurde Min.	Puls	Menge in Grm.	Menge des Harns in der Minute	Menge auf 100 Pulsschl.	Spec. Gew.
Morgens nach 9 Uhr, nachdem um 6½ Uhr ein Frühstück aus Kaffee und Butterbrod genommen. Nach geringer Bewegung	15	80	15	1,00	1,258	1017
Ruhe	15	80	15	1,00	1,258	
Rascher Marsch	20	104	20	1,00	0,961	
Darauf Ruhe	15	100	20	1,353	1,333	
Weitere Ruhe	15	80	20	1,333	1,666	
	15	80	15	1,00	1,258	
Langsamer Spaziergang . . .	60	80	90	1,50	1,876	
Ruhe	15	76	15	1,00	1,315	
An einem anderen Tage betrug der Harn von 9¼ Uhr Abends vorher bis 6¼ Uhr Morgens	540	76	480	0,888	1,115	1020
Frühstück aus Kaffee u. Butterbrod. Geringe Bewegung	60	80	65	1,083	1,354	1017
Marsch	60	100	95	1,6	1,583	1012
Ruhe	15	88	15	1,0	1,137	
Weitere Ruhe	50	88	50	1,00	1,137	
	30	88	30	1,00	1,137	1017
Frühstück aus Butterbrod. Später kaltes Bad	60	100	90	1,5	1,500	1010
Ruhe	20	88	20	1,0	1,137	
An einem anderen Tage betrug der Harn von 9 Uhr 20 Min. Abends vorher bis 6 Uhr 20 Min. Morgens	540	76	460	0,852	1,115	1020
Spazierengehen ohne Frühstück	30	80	20	0,666	0,833	
Frühstück, geringe Bewegung der unteren Extremitäten .	45	80	35	0,777	0,979	1025
Bewegung der oberen Extremitäten	15	120	10	0,666	0,505	
Marsch in hoher Temperatur	105	100	105	1,00	1,00	1020
Ruhe	25	88	20	0,8	0,909	
An einem anderen Tage Ruhe	85	76	105	1,235	1,358	1023
Beweg. d. oberen Extremität.	15	104	15	1,00	0,961	
Beweg. d. unteren Extremität.	15	96	20	1,333	1,588	1020

Aus dieser Tabelle folgt: Wenn wir die Menge des Urins, die in der Ruhe abfliesst, als eine mittlere auffassen, so geht die Menge, die bei Bewegung der unteren Extremitäten abgesondert wird, über diese mittlere hinaus, bei Bewegungen der oberen Extremität bleibt sie unter derselben, und für diesen Fall hat der im Anfang angeführte Ausspruch seine Richtigkeit.

In Beziehung auf den Puls ergiebt sich dasselbe Verhältniss. Auf 100 Pulsschläge wird bei Bewegung der unteren Extremitäten eine grössere Menge abgesondert als in der Ruhe, bei Bewegungen der oberen Extremitäten eine geringere Menge.

Es ist auch von vorn herein wohl denkbar, dass Bewegungen der unteren Extremitäten einen grösseren Druck in den Gefässen der Nieren zur Folge haben können.

Die angeführten Beobachtungen haben eine praktische Bedeutung, die anzuführen ich nicht unterlassen möchte. Bewegungen der unteren Extremitäten also wirken diuretisch. In der That, ich habe mehrfach bemerkt, dass Wassersuchten, bei denen sonst Bewegung gestattet werden konnte, sich von dem Augenblick an, wo die Kranken herum zu gehen anfingen, erheblich besserten, dass von da an die Diurese auffällig sich vermehrte.

Der Faltenkranz an den beiden ersten Furchungskugeln des Froschdotters und seine Bedeutung für die Lehre von der Zelle.

Von

C. B. Reichert.

Die Nähe des Frühjahrs veranlasst mich, die Aufmerksamkeit der Naturforscher auf den zierlichen Faltenkranz zu lenken, welcher bei beginnender Bildung der Meridianfurche befruchteter Froscheier an den diese Furche begrenzenden Rändern sichtbar ist. K. E. v. Bär hat meines Wissens denselben zuerst beobachtet; du Bois-Reymond und ich haben ihn ausführlicher bei unseren Mittheilungen über den Furchungsprocess der Batrachier-Eier (Müller's Archiv 1841. S. 536) besprochen; im verflossenen Winter wurde die Erscheinung von Lieberkühn, G. Wagener, A. Baur und mir von Neuem verfolgt. Im Allgemeinen scheint der Faltenkranz wenig gekannt und noch weniger in seiner wichtigen Bedeutung beachtet zu sein; man schwieg darüber oder erlaubte sich leider in gewohnter Weise Aeusserungen, wo allerdings das Schweigen noch viel besser gewesen wäre.

In der erwähnten Abhandlung wurde der Furchungsprocess

— da man an der damals herrschenden Ansicht Schwann's von der Zellengenesis festhielt, — nicht richtig gedeutet; was aber über die Beschaffenheit der Faltenkränze und über ihre nächste Bedeutung für die Furchungskugeln mitgetheilt worden ist, das behält auch heute noch seine volle Richtigkeit. Die Art und Weise, wie die Erhabenheiten des sogenannten Faltenkranzes aus dem Grunde der entstehenden Meridianfurche hervortreten und an den Wänden derselben divergirend aufsteigend sich verlieren, ferner mit der Vertiefung der Furche, d. h. mit dem stärkeren Auseinanderweichen der beiden, theilweise sich abrundenden Furchungskugeln, in Zahl und Form sich verändern und schliesslich schwinden, lässt keine andere Deutung zu, als die, dass die beiden auseinanderweichenden und bei Zerstörung der Dotterhaut leicht zerfliessenden Furchungskugeln bereits von einer festeren Grenzschicht, einer Membran, umhüllt seien. Wer die Erscheinung vor Augen hat, der kann auch darüber nicht im Zweifel sein, dass die Furchung der leicht zerfliessenden Dottermasse nicht durch einen in dieselbe eindringenden Fortsatz bewirkt sein könne, mag man den letzteren von der Dotterhaut oder von jener um die im Volumen verkleinerte Dotterkugel befindlichen Membran hervorwachsen lassen. Das Entstehen des Faltenkranzes ist nur dadurch zu erklären, dass die beiden ersten, eng aneinander gepressten und fest adhärirenden Furchungskugeln bereits vor dem Auseinanderweichen vollständig von elastischen Hüllen umgeben seien, und dass die letzteren, indem die Kugeln, wahrscheinlich in Folge der Schwere, mit ihren Randpartieen sich allmälig trennen und abrunden, durch die ungleichmässige und schwierig erfolgende Lösung der Adhärenz ungleichmässig angespannt und zur Faltenbildung veranlasst werden. Auch bei den später auftretenden, nächsten Furchen werden Faltenzüge beobachtet; sie sind aber nicht so zahlreich, nicht so auffällig und ausgeprägt.

Froscheier, an welchen der in Rede stehende Faltenkranz vorhanden ist, können um die Laichzeit ohne Schwierigkeit herbeigeschafft werden, sobald man die künstliche Befruchtung anwendet. Die Erscheinung wird bei gewöhnlicher Zimmertemperatur etwa zwei Stunden nach der künstlichen Befruchtung am schwarzen Pole der Eier sichtbar und kann bei hellem, wo möglich schräg auffallendem Sonnenlichte, während des ersten Auftretens und der darauf folgenden Veränderungen mit einer guten Lupe leicht verfolgt werden. Häufig sieht man, dass über die Stelle, an welcher bald darauf die Meridianfurche einzuschneiden beginnt, feine Fältchen in querer Richtung hinüberziehen. Es scheint mir, als ob diese Fältchen durch Anspannung der Hülle gebildet werden, welche die beiden ersten Furchungskugeln in Form von eng aneinander gepressten Halbkugeln einschliesst, und durch deren Einriss und Auflösung das theilweise Auseinanderweichen derselben eingeleitet wird. Diese Hülle wäre dann die Membran der Kugel des Dotters, welche etwa eine halbe oder eine Stunde nach der Befruchtung auftritt, und den

Beginn des Furchungsprocesses anzeigt. Da diese Kugel völlig mit den später erscheinenden Furchungskugeln in ihrer Beschaffenheit übereinstimmt, so hatte ich sie die erste Furchungskugel genannt.

Wer mit der Lupe zu beobachten versteht, wird die Erscheinungen des Faltenkranzes so finden, wie sie früher und jetzt beschrieben wurden; wer aber sich die so geringe Mühe nicht geben will, dieselben zum Gegenstande seiner Untersuchung zu machen, von dem darf man voraussetzen, dass er ihre Bedeutung nicht versteht, oder die Thatsache, die daraus folgt, mit der ganzen Tragweite fürchtet. Ich darf hier die Bedeutung des Faltenkranzes für das Verständniss des Furchungsprocesses selbst füglich um so mehr übergehen, als die Zeit wohl gelehrt hat, dass dergleichen Erläuterungen gegenwärtig vergeblich gemacht werden. Der Furchungsprocess ist aber nach der Ansicht Aller ein Bildungsvorgang, bei welchem einfachste organisirte Formelemente, „Zellen" gebildet werden. An allen Furchungskugeln sind mit Leichtigkeit der Kern und der Zelleninhalt nachzuweisen. Der Nachweis, dass auch die Zellmembran an allen Furchungskugeln sich vorfinde, ist allerdings viel schwieriger, wie in so vielen anderen Fällen. Es darf aber nur an einer einzigen Furchungskugel eine Hülle, die Zellmembran, constatirt sein, so ist es zunächst eine Forderung, dass dieselbe auch bei allen übrigen Furchungskugeln angenommen werde, so lange nicht das Gegentheil vollkommen klar dargelegt ist; und ferner ist dadurch bewiesen, dass die eben gebildeten jungen Zellen nicht blos Klümpchen von Dotter mit Kernen darstellen, sondern dass zu denselben drei integrirende Bestandtheile, Kern, Inhalt und Membran gehören. Eine solche Thatsache wiegt dann mehr, als eine ganze Heerstrasse voll Deductionen über Erscheinungen zellenartiger Körper, bei welchen jeder solide Forscher die Tugend der Entsagung auszuüben gezwungen ist. Diese Thatsache muss ferner im regelmässigen Gange empirischer Forschung überall da bei neugebildeten Zellen ihre Anwendung finden, wo etwa der Nachweis der Zellmembran nicht gelingen sollte, und wo nicht stricte bewiesen werden kann, dass eine Zellmembran fehlt und überhaupt nie vorhanden gewesen ist.

Ich weiss, dass diese Forderung vielfachen Anstoss erregen wird, da jedem Mikroskopiker bekannt ist, welche grosse Schwierigkeiten in vielen Fällen den Bemühungen entgegentreten, die An- und Abwesenheit von Zellmembranen zu beweisen. Dennoch ist die Forderung durchaus gerechtfertigt. Es gab früher eine Zeit, in welcher die Lehre von der Zelle, und dass dieselbe aus Kern, Inhalt und Membran bestehe, zu begründen war. Damals galt die strenge Forderung allein, die Anwesenheit der bezeichneten Bestandtheile und also auch der Membran nachzuweisen. Dieser Beweis ist aber gegenwärtig in so vielen Fällen geliefert, dass nunmehr der umgekehrte

Fall eintritt, d. h. es muss von Jedem, der da behauptet, dass die Membran zu den ursprünglichen Bestandtheilen der Zelle nicht gehöre, verlangt werden, dass er klare Objecte vorführe und daran einen verständlichen Gegenbeweis liefere.

Ueber das Jürgensen'sche Phänomen.

(Briefliche Mittheilung an Prof. du Bois-Reymond.)

Von Prof. A. Fick.

Zürich, 28. Januar 1861.

So eben lese ich die Abhandlung von Jürgensen über die Bewegung fester in Flüssigkeiten suspendirter Körper unter dem Einfluss des elektrischen Stromes (Archiv u. s. w. 1860. S. 673), und sofort drängt sich mir eine Erklärung dieser interessanten Erscheinung auf, welche sie mit anderen bekannten physikalischen Thatsachen in unmittelbare Beziehung bringt. Wie ich es ansehe, steht sie nämlich keineswegs mit den von Wiedemann und Anderen über Elektrodiffusion gemachten Beobachtungen in „scheinbarem Widerspruch“ (S. 675 a. a. O.), sie ist vielmehr nur die Kehrseite derselben und konnte sogar aus jenen vorhergesagt werden. Bekanntlich ist nachgewiesen, dass die Kräfte, welche den Elektrodiffusionsstrom in Bewegung setzen, nicht an den Elektroden, sondern in den Poren der Scheidewand ihren Sitz haben. Man darf also wohl annehmen, überall da, wo eine elektrisch durchströmte Flüssigkeitsmasse einen festen Körper berührt, wird eine mechanische Kraft wach, welche das benachbarte Flüssigkeitstheilchen stromabwärts (nach der negativen Elektrode hin) treibt. Nach dem Principe von der Gleichheit der Action und Reaction muss aber das berührende feste Theilchen einen gleichen Druck in entgegengesetztem Sinne — stromaufwärts — erleiden. Die poröse Scheidewand kann in den Versuchen über Elektrodiffusion diesem Druck nicht ausweichen wegen ihrer festen Verbindung mit den anderen Theilen der Apparate. In den Versuchen von Jürgensen bildet nun der Inbegriff aller in irgend einem Querschnitt der Strombahn liegenden festen Körperchen gleichsam eine bewegliche Scheidewand, welche durch jenen Druck wirklich in Bewegung gesetzt wird. Es stimmt zu dieser Erklärung offenbar sehr gut, dass alle diejenigen Bedingungen, welche der Elektrodiffusion günstig sind, in Jürgensen's Versuchen auch die Bewegung der suspendirten festen Körperchen förderten, insbesondere grosser Leitungswiderstand der Flüssigkeit.[1])

1) Ich habe die hier von Hrn. Fick gegebene Theorie des Jürgensen'schen Phänomens bereits in der Sitzung der physikalischen Gesellschaft am 28. Dec. v. J., als Hr. Quincke über dasselbe berichtete, im Wesentlichen gleichlautend ausgesprochen. Ich fügte hinzu, dass vielleicht ein Zusammenhang bestehe zwischen dem Umstande, dass nur die capillare Wandschicht zu wandern scheine, und dem, dass sie vermuthlich nicht elektrolysirt werde (Vgl. v. Grotthuss, Physisch-chemische Forschungen. 4o. Nürnberg 1820 S. 68.) Hr. Quincke hat aber seitdem, was Hrn. Fick noch unbekannt war, eine Bahn der Versuche betreten, auf der man erst seine weiteren Erfolge abwarten muss, ehe man sich wieder mit einiger Sicherheit Vermuthungen über diesen Kreis von Erscheinungen hingeben kann. (Monatsberichte der Berliner Akademie, 10. Januar 1861.) E. d. B.-R.

Berichtigung.

S. 704 des vorigen Jahrganges, Z. 18 v. u. steht durch einen Uebersetzungsfehler

„unter“ statt „ohne den Einfluss des Gehirns“.

Die eingeklammerte Bemerkung des Berichterstatters ist somit überflüssig.

Die Beckenneigung.

(Sechster Beitrag zur Mechanik des menschlichen Knochengerüstes.)

Von

Prof. Hermann Meyer in Zürich.

Ein richtiges Verständniss der Bewegungen des menschlichen Körpers kann nur dadurch gegeben sein, dass eine gewisse leicht bestimmbare Ausgangsstellung aufgestellt und nach dieser sowohl Richtung als Grad der Bewegung bestimmt wird. Von diesem Standpunkte aus habe ich früher meine Untersuchungen über die Ortsbewegung mit der Untersuchung des aufrechten Stehens begonnen (Vgl. Müller's Archiv 1853 S. 9, S. 365, S. 497, S. 548 und 1854 S. 478); und von demselben Standpunkte ging ich auch aus, als ich das in meinem Lehrbuche der Anatomie verkleinert abgebildete Skelet componirte. Wie schon meine frühere in Gemeinschaft mit Horner unternommene Arbeit über die normale Krümmung der Wirbelsäule, so ist auch die vorliegende über die Beckenneigung eine Ergänzung jener Untersuchung über das aufrechte Stehen.

Eine besonders wichtige Stellung in der Auffassung und Composition des Skeletes nimmt nämlich bekanntlich die Haltung des Beckens ein, welche, neben Anderem, besonders auch für die Haltung der Wirbelsäule ein Hauptbestimmungsmoment sein muss. Ich habe in meinen früheren Arbeiten mich in dieser Beziehung der herrschenden Ansicht angeschlossen, weil ich dieselbe hinlänglich begründet glaubte, und habe mir nur folgende Modificationen derselben erlaubt:

Die geläufige Ansicht giebt der Conjugata eine Neigung von 55°—65° (im Mittel 60°) gegen den Horizont. Ich gab einer von mir aufgestellten Normalconjugata eine Neigung von 30° gegen den Horizont in der Meinung, damit eine con-

stantere Bestimmuug für die Beckenneigung zu geben. Die Normalconjugata geht nämlich von dem oberen Rande der Symphysis ossium pubis zu der durch eine Einknickung bezeichneten Mitte des dritten Kreuzbeinwirbels, welcher Punkt nicht so sehr wie das Promontorium, nach welchem die Conjugata hingeht, in seiner Lage durch die Entwickelungsverhältnisse der Wirbelsäule influenzirt wird (Vgl. Müller's Archiv 1853 S. 540).

Neuere Untersuchungen, welche ich zuerst in vorläufiger Mittheilung am 14. Juni 1858 der naturforschenden Gesellschaft in Zürich vortrug (Vgl. Vierteljahrsschrift dieser Gesellschaft 1858. S. 405), haben mich nun allerdings keine Ursache finden lassen, die Ansicht von der grösseren Brauchbarkeit der Normalconjugata der Conjugata gegenüber zu verlassen; dagegen musste ich mich überzeugen, dass die geläufige Ansicht über die Neigung der Conjugata (beziehungsweise der Normalconjugata) bedeutende Modificationen erfahren muss. Die Resultate dieser Untersuchungen gebe ich nun in dem Folgenden, mir vorbehaltend, später noch Ergänzungen, gewonnen durch genauere Messapparate und zahlreiche Messungen, nachzutragen.

Ehe ich auf den Gegenstand selbst eingehe, sei es mir gestattet, noch einige Worte über meine Skeletcomposition vorzubringen, weil derselben von competenter (künstlerischer) Seite der Vorwurf gemacht worden ist, dass sie unnatürlich steif sei.

Dass die von mir componirte Figur, welche verkleinert in meinem Lehrbuche der Anatomie (Seite 29 Fig 1 und S. 145 Fig. 95) wiedergegeben ist, steif sei, kann und will ich nicht läugnen, indessen kann ich darin keinen Vorwurf gegen die Composition überhaupt erblicken. Allen ästhetischen Nebenrücksichten fremd, hatte ja diese Composition allein den Zweck, aus der ganzen Zahl möglicher und individuell verwendeter Stellungen eine solche hinzustellen, welche nach einfachen Grundsätzen leicht zu bestimmen und damit eine brauchbare Ausgangsstellung für die Bestimmung von Bewegungen wäre. Diese Aufgabe erfüllt meine Composition. Die Figur ist vollständig symmetrisch gestellt; im Rumpfe ist die Haltung der Wirbelsäule und des Beckens durch die Untersuchungen

über diese Punkte festgestellt; für den Kopf ist diejenige Stellung gewählt, in welcher der Boden der Nasenhöhle horizontal liegt; — in der oberen Extremität liegt die Querprojection beider Schlüsselbeine horizontal; die Pars acromialis beider Schlüsselbeine liegt in derselben auf die Mittelebene senkrechten Linie; die Constructionslinie des Armes ist senkrecht und die Stellung der Hand eine solche, wie sie durch die mittlere Stellung des Radius zur Ulna vorgeschrieben ist; — in der unteren Extremität ist die Constructionsaxe des Beines in der Querprojection senkrecht gestellt, und die in dem Fusse durch die Axe der grossen Zehe und den Mittelpunkt der Ferse gehende Linie ist beiderseits senkrecht auf die Querebene des Körpers gerichtet; die in der Profilprojection sichtbare Neigung der Beinaxe um 7° vor die Senkrechte ist durch die Untersuchung über das aufrechte Stehen gegeben. — Dass eine solche Stellung eine steife sein muss, versteht sich von selbst, dass sie aber als Ausgangsstellung sehr brauchbar sei, dieses zu beweisen, ist ganz allein schon der Umstand genügend, dass sie im Wesentlichen dieselbe ist, welche bei militärischen Uebungen als Ausgangsstellung stets benutzt wird. Meine Composition ist eigentlich nur die mathematisch formulirte militärische Ausgangsstellung ohne den Knieschluss und die Auswärtsrotation der Beine. — Dass eine Stellung, wie diejenige des Thorwaldsen'schen Christus schöner und ästhetischer ist, wird Niemand bestreiten mögen und ich am wenigsten. Aber ist diese Stellung auch so leicht und bestimmt zu formuliren? und ist sie als Ausgangsstellung für Bewegungen in gleicher Weise brauchbar, wie die von mir componirte Stellung?

Die Bestimmungsweise der Conjugataneigung.

Die gegenwärtige Ansicht über die im aufrechten Stehen vorkommende Beckenstellung, wie sie bestimmt wird durch die Neigung der Conjugata gegen den Horizont, wurde zuerst früheren ungenügenden Angaben gegenüber durch F. C. Nägele[1])

1) Das weibliche Becken. Karlsruhe 1825.

für das weibliche Becken begründet, später durch die Gebrüder Weber[1]) für das männliche Becken ergänzt und durch Krause[2]) bestätigt. Die Methode, deren sich diese Forscher bedienten, bestand darin, dass sie an lebenden Individuen den Neigungswinkel des unteren geraden Durchmessers gegen den Horizont bestimmten und daraus den Neigungswinkel der Conjugata berechneten, nachdem an getrockneten Becken die mittlere Grösse des Winkels zwischen diesen beiden Beckendurchmessern gefunden war. Auf die Brauchbarkeit dieser Methode habe ich später noch einmal zurückzukommen, und habe hier nur zu erwähnen, dass in der Anwendung derselben bei Nägele unbewusst, bei Weber dagegen bewusst die Meinung herrscht, es sei die Neigung der Conjugata für dasselbe Individuum eine absolute, unveränderliche Grösse, so lange nicht eine Krümmung der Wirbelsäule gegeben sei. — Weber (S. 122—123) begründet seine Meinung von der Unveränderlichkeit der Conjugataneigung durch seine Auffassung von der Art und Weise, wie das Becken und mit demselben der Rumpf durch die Oberschenkelknöpfe getragen wird. Dieses geschieht nämlich nach ihm dadurch, dass der in sich unveränderlich gehaltene Rumpf im labilen Gleichgewichte über der gemeinschaftlichen Axe beider Hüftgelenke äquilibrirt wird. Wäre dieses wirklich der Fall, dann müsste allerdings bei allen nicht liegenden und nicht sitzenden Stellungen, bei welchen der Rumpf durch beide Beine gestützt wird, das Becken und die Wirbelsäule gegen einander und gegen den Horizont eine unveränderliche Lage haben; und jene Methode würde dann eine möglichst grosse Zuverlässlichkeit besitzen.

Ich habe indessen bereits in meinem Aufsatze über das aufrechte Stehen (Müller's Archiv 1853 S. 947) gezeigt, dass die Art, wie das Becken von den Beinen getragen wird, eine andere sei, nämlich die, dass in der aufrechten Stellung das Hüftgelenk sich in einem Maximum von Streckung, d. h. Rückwärtsstellung der Beine gegen das Becken befindet, und dass

1) Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge. Göttingen 1836.

2) Handbuch der menschlichen Anatomie. 2. Auflage. Hannover 1841. S. 327.

sodann der Rumpf, dessen Schwerlinie hinter der gemeinschaftlichen Hüftaxe herunterfällt, durch die Spannung der Hüftgelenkbänder, insbesondere des Lig. ileo-femorale, festgehalten und ruhend auf den Oberschenkelköpfen fixirt wird. — Aus diesem Satze folgt, dass unter allen Verhältnissen, in welchen der Rumpf ohne besonders darauf gerichtete Muskelthätigkeit von den Oberschenkelköpfen getragen wird, die Stellung des Beckens von der Spannung der in der Hüftgelenkcapsel enthaltenen Faserstreifen abhängig ist.

Nachdem dieser Satz gewonnen war, war durch denselben zugleich die Möglichkeit gegeben, die Frage über die Stellung des Beckens auf dem Versuchswege zu ermitteln. Es war nämlich nunmehr zulässig, dass herausgenommene Becken mit den beiden Femora und mit unversehrten Hüftcapseln zur Lösung der Frage benutzt wurden. An solchen Präparaten durfte nur möglichst starke Rückwärtsneigung des Beckens erzeugt und dann die Neigung des Beckens gegen die Beinaxe mit Hülfe der Conjugata oder der Normalconjugata bestimmt werden, und es war sodann hierdurch das Mittel gegeben, die Beckenneigung gegen den Horizont in dem Lebenden zu bestimmen.

Für die Erzeugung der Beckenneigung im aufrechten Stehen wirken nämlich offenbar zwei Momente zusammen und diese sind:

1) die Neigung des Beckens gegen die Beinaxe und
2) die Neigung der Beinaxe gegen den Horizont.

Die letztere ist an dem Lebenden leicht durch Hülfe des vorderen Trochanterrandes und des Condylus externus femoris zu erkennen, und daher ist, wenn die Neigung der Conjugata oder Normalconjugata gegen die Beinaxe bekannt ist, auch für alle Stellungen der Beinaxe in Bezug auf Rückwärts- oder Vorwärtsneigung die Neigung des Beckens gegen den Horizont unschwer zu berechnen.

Die Hauptaufgabe für Erkennung der Beckenneigung muss daher diejenige bleiben, die Neigung der gewählten Linie des Beckens zu der Beinaxe zu bestimmen oder vielmehr zu der-

jenigen Ebene, welche durch beide Beinaxen gelegt werden kann. Hierauf richtete ich denn auch meine Untersuchungen, und da ich bei vorläufigen Versuchen gefunden hatte, dass die Neigung der Conjugata zu der Beinaxe keineswegs dieselbe ist, sondern mit den Abductions- und Rotationsgraden der Oberschenkel wechselt, so construirte ich einen Apparat, welcher es erlaubte, diese Einflüsse genauer zu ermitteln.

Jedes Femur wurde in einen Schienenapparat eingeschraubt, welcher sich mit einer senkrecht gestellten Axe in einer Hülse bewegt. Die Hülse bewegt sich mit einem Cirkelgelenke im Sinne der Querebene des Körpers auf einem Klötzchen, welches sich in einer Rinne seitwärts verschieben lässt. Durch die Drehung des Schienenapparates um seine Axe kann eine Rotation des Femur um seine mit dieser Axe in Continuität stehende Längenaxe ausgeführt und deren Grösse durch eine angebrachte Kreistheilung gemessen werden; und durch die Bewegung in dem Cirkelgelenke mit gleichzeitiger Verschiebung der Klötzchen kann Abduction und Adduction der Femora erzielt und zugleich an angebrachter Kreistheilung gemessen werden. — Ein Gewicht von einigen Pfunden an das Kreuzbein angehängt unterhält statt der fehlenden Schwere des Rumpfes den Zug des Beckens nach rückwärts, und ein Messingstab, in der Richtung der Normalconjugata durch Einschlagen in die Mitte des dritten Kreuzbeinwirbels befestigt, zeigt durch ein an ihm aufgehängtes Senkel an einer Kreistheilung für die jedesmalige Stellung die Neigung der Normalconjugata gegen die Senkrechte und, da die Femuraxen senkrecht in dem Apparate stehen, auch zugleich die Neigung der Normalconjugata gegen die Beinaxe.

Durch Hülfe dieses Apparates erhielt ich für jedes untersuchte Becken eine Tabelle, welche die Werthe der Conjugataneigung für alle ausführbaren Abductions- und Rotationsgrade der Femora und deren verschiedene Combinationen enthält. Auf diese Tabellen gründet sich die folgende Darstellung.

Differenz in der Neigung der Conjugata und der Normalconjugata.

Die geläufigere Auffassung der Beckenneigung ist nicht auf

den in meinen Versuchen bestimmten Neigungswinkel zwischen der Normalconjugata und der Beinaxe gerichtet, sondern auf den Neigungswinkel zwischen der Conjugata und dem Horizont. Des leichteren Verständnisses wegen habe ich deshalb in dem Folgenden die Bezeichnung der Beckenneigung stets nach der Neigung der Conjugata gegen den Horizont gegeben.

In Bezug auf den Antheil, welchen die Stellung der Beinaxen an der Conjugataneigung besitzt, war ich dabei allerdings genöthigt, ohne Rücksicht auf die individuellen Schwankungen, den früher von mir gefundenen Neigungswinkel derselben von 7° gegen die Senkrechte anzunehmen und in Rechnung zu bringen.

Für die Uebertragung des gefundenen Winkels der Normalconjugata auf die Conjugata war dagegen die Bestimmung des Winkels zwischen diesen beiden Linien nothwendig. Ich habe deshalb an jedem untersuchten Becken diesen Winkel direct gemessen und somit die Neigungsdifferenz beider Linien für jedes einzelne Becken bestimmt. Ich fand dafür folgende Werthe:

Für männliche Becken	1	27°	
	2	30°	
	3	34°	
	4	36°	Maximum 37°
	5	30°	Minimum 26°
	6	37°	
	7	26°	
	8	28°	
	9	31°	
Für weibliche Becken	1	30°	
	2	32°	
	3	33°	Maximum 33°
	4	32°	Minimum 28°
	5	33°	
	6	28°	
	7	31°	

Mittel der männlichen Becken	31°
Mittel der weiblichen Becken	31,3°
Gesammtmittel . .	31,15°

Ich benutzte diese Gelegenheit gern, um noch genauere

Einsicht in das gegenseitige Verhältniss der Conjugata und der Normalconjugata zu gewinnen und bestimmte für diesen Zweck an einer Reihe getrockneter Becken den Winkel zwischen beiden durch Berechnung aus den gemessenen Längen der Conjugata, der Normalconjugata und des Beckentheiles des Kreuzbeines. Ich fand auf diese Weise folgende Werthe:

Für männliche Becken	34° 30′	
	33° 22′	Maximum 35° 43′
	35° 43′	Minimum 29° 26′
	34° 15′	
	29° 26′	
Für weibliche Becken	33° 39′	
	25° 41′	
	31° 41′	
	25° 39′	
	33° 31′	Maximum 33° 39′
	31° 17′	Minimum 25° 39′
	28° 30′	
	28° 14′	
	26° 54′	
	31° 9′	

Mittel der männlichen Becken	33° 27′
Mittel der weiblichen Becken	29° 7,5′
Gesammtmittel . .	31° 17′

Beide Bestimmungen, directe Messung und Berechnung, haben somit das gleiche Ergebniss einer Differenz der Neigung zwischen Conjugata und Normalconjugata um 31° geliefert. Das Maximum war in beiden Bestimmungen bei einem männlichen Becken (mit 37°, beziehungsweise 35° 43′) — das Minimum war dagegen in der ersten Bestimmung bei einem männlichen Becken (mit 26°) und in der zweiten bei einem weiblichen Becken (mit 25° 39′).

Vergleiche ich hiermit meine früheren Messungen (Müller's Archiv 1853. S. 541), bei welchen ich als Mittel aus 11 Becken (männlichen und weiblichen) den Werth $30^4/_{11}$ fand, und als Maximum 34°, als Minimum dagegen 26°, so lässt sich in gerundeten Zahlen das Gesetz aufstellen, dass die Neigung zwischen Conjugata und Normalconjugata bei beiden Geschlechtern im Mittel 30° beträgt, mit

einer Schwankung von 10° (5° über und 5° unter das Mittel).

Da die von Krause angegebenen Neigungsschwankungen der Conjugata sich in denselben Grössen und in derselben Vertheilung gegen das Mittel bewegen, und da ich nachweisen konnte, dass vorzugsweise die Neigung der Conjugata wegen der veränderlichen Lage des Promontoriums die Ursache dieser Schwankungen sein musste, so war ich in früherer Arbeit veranlasst, die Normalconjugata als constantere massgebende Linie aufzustellen; und wenn ich in der folgenden Darstellung die Beckenneigung dennoch durch die Conjugata bestimme, so geschieht dieses, wie erwähnt, nur im Interesse allgemeinerer Verständlichkeit. Damit indessen die von mir direct gefundenen Maasse des Winkels zwischen Normalconjugata und Beinaxe der Benutzung ebenso zugänglich seien, wie die aus ihnen abgeleiteten Werthe der Conjugataneigung, so will ich noch mit einigen Worten angeben, in welcher Weise ich die letzteren aus den ersteren abgeleitet habe.

Da die Beinaxen im Versuche senkrecht standen, so verwandelt Subtraction von 90° den gefundenen Winkelwerth in die Angabe der Neigung der Normalconjugata gegen den Horizont bei senkrechten Beinaxen; durch die Vorwärtsneigung der Beinaxen um 7° wird in dem gewöhnlichen aufrechten Stehen der Neigungswinkel der Normalconjugata gegen den Horizont um eben so viel grösser; die Grösse desselben ist daher gleich dem gemessenen Winkel (A) minus 90° plus 7°.— Soll dann aus dieser Grösse der Neigungswinkel der Conjugata gegen den Horizont abgeleitet werden, so ist zu derselben der Winkel (W) der Neigungsdifferenz zwischen Conjugata und Normalconjugata zu addiren. Der Neigungswinkel der Conjugata ist demnach gleich

$$\angle A - 90° + 7° + \angle W$$

oder

$$\angle A - (90° - 7° - \angle W)$$

Der in Klammern stehende Subtrahend ist natürlich für jedes Becken entsprechend dem individuellen Werthe von $\angle W$ verschieden. Für die einzelnen von mir untersuchten Becken ge-

staltet sich nach Massgabe der oben mitgetheilten Werthe von $\angle W$ folgendermassen:

Für männliches Becken			Für weibliches Becken		
	1	56°		1	53°
	2	53°		2	51°
	3	49°		3	50°
	4	47°		4	51°
	5	53°		5	50°
	6	46°		6	55°
	7	57°		7	52°
	8	55°			
	9	52°			

Für das Mittel 52°

Durch Addition dieser Zahlen zu den in dem Späteren angegebenen Conjugataneigungen werden demnach aus diesen sogleich die Grössen der Winkel zwischen Normalconjugata und Beinaxen gefunden.

Die mögliche Grösse der Abduction und der Rotation der Oberschenkelbeine.

Die Stellungen der Oberschenkelbeine, in welchen die Beckenneigungen gemessen wurden, waren die möglichen Abductionsgrade und in jedem derselben die möglichen Rotationsgrade.

Die benutzten Abductionsgrade sind um immer 10° Divergenz der Beinaxen von einander entfernt; es sind die Grade

Minus 4° bis 10° Divergenz (Knieschluss),
0° Divergenz (Parallelismus der Beinaxen), und dann
+10°, 20°, 30°, 40°, 50°, 60°, 70°, 80° Divergenz

oder nach der Neigung der einzelnen Beinaxe gegen den Horizont bestimmt:

95°, 90°, 85°, 80°, 75°, 70°, 65°, 60°, 55°, 50°.

Die Minus-Divergenz beim Knieschluss betrug zwischen 4° und 10° (d. h. Neigung der einzelnen Beinaxe gegen den Horizont um 92° bis 95°); bei dem weiblichen Becken No. 7 wich indessen der Knieschluss so wenig von dem Parallelismus der Beine ab, dass für ihn keine besondere Reihe gewonnen werden konnte.

Bei 60°, 70°, 80° Divergenz (also bei 60°, 55°, 50° Neigung der einzelnen Beinaxe gegen den Horizont) begannen, je nach der Individualität des Beckens früher oder später, die Bewegungen unsicher zu werden, und es zeigte sich Neigung zum Austreten des Kopfes aus der Pfanne. Damit ist demnach die Grenze der Abductionsmöglichkeiten gegeben.

In jeder einzelnen der bezeichneten Abductionsstellungen wurden immer von 5° zu 5° die in derselben möglichen Rotationsstellungen gewonnen und dann die Werthe der entsprechenden Beckenneigungen auf der Kreistheilung abgelesen.

Dabei zeigten sich nun vor Allem einige interessante Verhältnisse in Bezug auf die Rotationsmöglichkeit, welche ich gemeinschaftlich mit der Erklärung der von mir angewendeten Benennungen der Rotationsgrade hier ausführen will.

Die Rotation erscheint bekanntlich als Rotation nach innen und als Rotation nach aussen (Einwärtsrotation und Auswärtsrotation). Beides sind natürlich relative Begriffe und für die Anwendung der einen oder der anderen dieser beiden Bezeichnungen kann, da sie nur die Richtung der Bewegungen andeuten, immer nur die jedesmalige Stellung als Ausgangspunkt massgebend sein. Will man indessen diesen Begriffen im Interesse zweckmässigerer Anwendung eine absolute Bedeutung geben, so muss man einen feststehenden leicht zu bezeichnenden Ausgangspunkt für beide Richtungen der Bewegung als Nullpunkt der Rotation aufstellen. Als solcher bietet sich nun diejenige Stellung beider Oberschenkelbeine, in welcher die stärksten Wölbungen der vier Condylen nach hinten in derselben Ebene liegen. Diese Stellung ist annähernd dieselbe, wie diejenige, welche die Oberschenkelbeine im aufrechten Stehen einnehmen; sie befinden sich dabei nur in Folge der in der Gestalt des Condylus internus femoris begründeten Schlussrotation in einer Rotationsstellung um 5° nach innen (Vgl. mein Lehrbuch der Anatomie S. 141 Fig. 91). — Aus dem eben aufgestellten Nullpunkte der Rotation sind nun die beiden Bewegungen möglich:

der Rotation nach innen oder Minus-Rotation und
der Rotation nach aussen oder Plus-Rotation.

Massgebend für die Benennungen „nach innen“ und „nach aussen“ ist die Richtung, in welcher die Fussspitze durch die betreffende Bewegung geführt wird.

Es stellte sich nun im Verlaufe der Versuche heraus, dass nicht nur bei verschiedenen Individuen die Gebiete der möglichen Rotationen verschieden sind, sondern dass auch bei demselben Individuum je nach dem Abductionsgrade der Beine die Grösse und die Vertheilungsweise der Rotationsmöglichkeit sich verschieden verhält. — Die folgende Tabelle giebt eine Zusammenstellung der Rotationsmöglichkeiten, wie ich sie gefunden, und zwar sowohl in der Schlussstellung, als auch in der grössten, noch für den Versuch brauchbaren Abduction (Spreizungsstellung). Die mit – und mit + bezeichneten Reihen geben die mögliche Rotationsgrösse im Sinne der Minus-Rotation, beziehungsweise der Plus-Rotation an. Die Reihe daneben giebt die Summe beider Rotationsgrössen an.

		bei Schluss			bei Spreizung		
		–	+	Zusammen	–	+	Zusammen
Männliche Becken	1	30°	25°	55°	25°	40°	65°
	2	25°	30°	55°	20°	45°	65°
	3	30°	25°	55°	20°	45°	65°
	4	45°	25°	70°	35°	50°	85°
	5	25°	35°	60°	25°	40°	65°
	6	45°	30°	75°	35°	60°	95°
	7	25°	45°	70°	15°	55°	70°
	8	30°	45°	75°	20°	60°	80°
	9	35°	35°	70°	25°	60°	85°
Weibliche Becken	1	40°	35°	75°	35°	55°	90°
	2	45°	35°	80°	40°	50°	90°
	3	35°	35°	70°	30°	50°	80°
	4	55°	35°	90°	50°	55°	105°
	5	35°	35°	70°	30°	50°	80°
	6	50°	35°	85°	35°	25°	60°
	7	45°	40°	85°	40°	60°	100°
Mittel d. männl. Becken		32,2°	32,8°	65,0°	24,4°	50,5°	75,0°
Mittel d. weibl. Becken		43,6°	35,7°	79,3°	37,0°	49,0°	86,0°
Gesammtmittel		37,9°	33,25°	72,15°	30,7°	49,75°	80,5°

Aus diesen Zahlen gehen folgende Sätze für die Rotationsmöglichkeit der Femora hervor:

1) Die Rotationsmöglichkeit ist in der Spreizung grösser als in der Schlussstellung.

2) Die grössere Rotationsmöglichkeit ist bei Schluss nach innen, bei Spreizung dagegen nach aussen. — Auf runde Zahlen zurückgeführt zerfallen nämlich die 70° Rotationsmöglichkeit bei Schluss in 40° Rotation nach innen und 30° Rotation nach aussen, — und dagegen die 80° Rotationsmöglichkeit bei Spreizung in 30° Rotation nach innen und 50° Rotation nach aussen.

3) Die Rotationsmöglichkeit ist in beiden Stellungen für das weibliche Becken grösser als für das männliche (um circa 10°—15°).

4) Die grössere Ausdehnung der Rotationsmöglichkeit für das weibliche Becken vertheilt sich indessen nicht gleichmässig auf die beiden Richtungen der Rotation, sondern sie gehört vorzugsweise der Minusseite an, indem auf der Plusseite die Rotationsmöglichkeiten bei beiden Geschlechtern annähernd gleich sind. — Bei dem weiblichen Becken ist daher sowohl in der Schlussstellung als auch in der Spreizungsstellung eine entschieden grössere Rotationsmöglichkeit nach innen, als bei dem männlichen Becken.

Einfluss der Abduction für sich und der Rotation für sich auf die Conjugataneigung.

Um den Einfluss der Stellung der Oberschenkelbeine auf die Neigung des Beckens möglichst einfach und übersichtlich zu zeigen, habe ich die folgenden Tabellen berechnet Jede derselben zeigt zwei sich kreuzende Reihen.

In der horizontalen Reihe ist der Einfluss der Rotation auf die Beckenstellung dadurch nachgewiesen, dass die Mittel aller Beckenstellungen, welche bei Parallelismus der Beinaxen in den verschiedenen Rotationsgraden beobachtet wurden, in eine Reihe zusammengestellt sind.

In der senkrechten Reihe ist in gleicher Weise der Einfluss der Abduction auf die Beckenstellung dadurch nachgewiesen, dass die Mittel aller für die verschiedenen Abductions-

grade bei 0° Rotation gefundenen Werthe in eine Reihe zusammengestellt sind.

	Divergenzgrade	Rotationsgrade −35°	−30°	−25°	−20°	−15°	−10°	−5°	0°	+5°	+10°	+15°	+20°	+25°	+30°	+35°
Mittel der männlichen Becken	−10°								52,1°							
	0°			63,1°	57,9°	53,2°	50,2°	48,4°	47,1°	47,5°	47,9°	49,1°	51,3°	55,5°	59,8°	64,2°
	+10°								43,8°							
	+20°								42,6°							
	+30°								44,3°							
	+40°								45,3°							
	+50°								51,1°							
	+60°								56,4°							
	+70°								65,4°							
Mittel der weiblichen Becken	−10°								58,2°							
	0°	63,2°	60,7°	57,4°	55,6°	54,7°	54,3°	54,2°	54,9°	55,8°	57,5°	60,6°	66,7°	72,3°	79,1°	88,1°
	+10°								50,3°							
	+20°								48,3°							
	+30°								47,9°							
	+40°								49,0°							
	+50°								51,4°							
	+60°								56,9°							
	+70°								60,9°							
Mittel von beiderlei Becken	−10°								55,2°							
	0°			60,3°	57,8°	54,0°	52,3°	51,3°	51,2°	51,7°	52,7°	54,9°	59,0°	63,9°	69,5°	76,2°
	+10°								47,1°							
	+20°								45,5°							
	+30°								45,1°							
	+40°								48,2°							
	+50°								51,3°							
	+60°								56,7°							
	+70°								63,1°							

Anm. Der Divergenzgrad Minus 10° bedeutet in dieser und folgenden Tabellen nur überhaupt den Knieschluss, ohne Rücksicht darauf, ob die Convergenz der Femuraxen wirklich 10° oder nur 4° oder 5° betrug oder einen dazwischen liegenden Werth hatte.

In der ersten Tabelle sind die Mittel aus den männlichen, in der zweiten die Mittel aus den weiblichen, und in der dritten die Mittel aus beiden auf diese Weise geordnet. — Die Winkelgrössen sind die Neigung der Conjugata gegen den Horizont.

Aus diesen Tabellen ist Folgendes zu erkennen:

1) Bei dem männlichen Becken gelangt bei unverändertem Parallelismus der Beinaxen die Neigung der Conjugata gegen den Horizont nur durch die Rotation der Femora um ihre Längenaxen aus einem (bei $-25°$ Rotation liegenden) Maximum von 63,1° durch ein Minimum von 47,5° hindurch zu einem (bei $+35°$ Rotation liegenden) anderen Maximum von 64,2°. — Bei dem weiblichen Becken geht unter den gleichen Bedingungen die Conjugataneigung aus einem (bei $-35°$ Rotation liegenden) Maximum von 63,2° durch ein Minimum von 54,2° hindurch zu dem anderseitigen (bei $+35°$ Rotation liegenden) Maximum von 88,1°.

Die Neigungsdifferenzen zwischen den beiden Maxima und dem Minimum dieser Reihen stellen sich demnach folgendermassen heraus:

	Männliche Becken	Differenz	Weibliche Becken	Differenz
Minusmaximum	63,1°		63,2°	
		15,6°		9,0°
Minimum	47,5°		54,2°	
		16,7°		33,9°
Plusmaximum	64,2°		88,1°	

Das Minimum dieser Reihen liegt bei männlichen Becken zwischen 0° und $+5°$ Rotation, — bei weiblichen Becken unter $-5°$ oder zwischen $-10°$ und $-5°$ Rotation; d. h. beide sind gleichweit von dem Minusmaximum der Rotation entfernt.

2) Bei dem männlichen Becken wird bei unverrücktem Festhalten an dem Nullpunkte der Rotation nur durch Abduction der Femora die Neigung der Conjugata aus einem (bei Knieschluss liegenden) Maximum von 52,1° durch ein Minimum von 42,6° hindurch zu einem (in grösster Spreizung liegenden) anderen Maximum von 65,3° geführt. — Bei dem weiblichen Becken geht unter den gleichen Bedingungen die

Neigung der Conjugata aus einem (bei Knieschluss liegenden) Maximum von 68,2° durch ein Minimum von 47,9° hindurch zu einem (in grösster Spreizung liegenden) anderen Maximum von 60,9°.

Die Neigungsdifferenzen zwischen den beiden Maxima und dem Minimum dieser Reihen stellen sich demnach folgendermassen heraus:

	Männliche Becken	Differenz	Weibliche Becken	Differenz
Schlussmaximum	52,1°		68,2°	
		9,5°		20,3°
Minimum	42,6°		47,9°	
		22,7°		13,0°
Spreizungsmaximum	65,3°		60,9°	

Das Minimum dieser Reihen liegt bei den männlichen Becken unter 20° Divergenz der Femuraxen, bei den weiblichen Becken dagegen erst unter 30° Divergenz derselben.

3) Aus der dritten Tabelle, welche das Mittel aus den beiden ersten zieht, ist zu ersehen, dass unter den angegebenen einfachen Bedingungen die Conjugataneigung überhaupt ohne Rücksicht auf das Geschlecht folgende Verschiedenheiten zeigen kann:

A. Bei Parallelismus der Beinaxen.

		Differenz.
Minusmaximum (bei –25° Rotation)	60,3°	
		9,1°
Minimum (bei 0° Rotation)	51,2°	
		25,0°
Plusmaximum (bei + 35° Rotation)	76,2°	

B. Bei 0° Rotation.

		Differenz.
Schlussmaximum (bei Knieschluss)	55,2°	
		10,1°
Minimum (bei 30° Divergenz)	45,1°	
		18,0°
Spreizungsmaximum (bei grösster Spannung) .	63,1°	

Um diese Verhältnisse noch an einem individuellen Beispiele deutlich zu machen, füge ich die betreffenden Reihen des weiblichen Beckens No. 7 bei, welches ein wohlgebautes jugendliches Becken war. Zu bemerken ist dabei nur, dass in diesem Becken der Knieschluss mit so wenig Convergenz der Femuraxen gegeben war, dass die oben als – 10° Divergenz bezeichnete Reihe mit der Reihe 0° Divergenz zusammenfällt.

Divergenzgrade	Rotationsgrade																	
	−45°	−40°	−35°	−30°	−25°	−20°	−15°	−10°	−5°	0°	+5°	+10°	+15°	+20°	+25°	+30°	+35°	+40°
0°	67°	65°	63°	62°	61°	60°	59°	59°	59°	59°	59,5°	60,5°	62°	65,5°	68°	75°	82°	93°
10°										52°								
20°										48,5°								
30°										47°								
40°										47°								
50°										48°								
60°										52°								
70°										57,5°								
80°										69,5°								
90°										76°								

Um ferner zu zeigen, welche Verschiedenheiten sich bei den einzelnen Becken in diesen Reihen zeigen, gebe ich in den folgenden Tabellen eine Zusammenstellung der unter den angegebenen Bedingungen gewonnenen Maxima und Minima der Conjugataneigung bei allen vermessenen Becken. Beigefügt sind in kleinem Druck in der Tabelle A die entsprechenden Rotationsgrade, in der Tabelle B die entsprechenden Divergenzgrade, unter welchen die betreffenden Werthe gefunden wurden.

A. Bei Parallelismus der Beinaxen.

		Minus-maximum		Minimum		Plus-maximum	
Männliche Becken	1	55°	−30°	41°	−5°	60°	+30°
	2	68°	−25°	50°	0°	70°	+30°
	3	57°	−30°	52°	−15° b. −10°	65°	+25°
	4	64°	−45°	49°	−5°	71°	+30°
	5	96°	−25°	48°	+5°	64°	+35°
	6	73°	−40°	50,5°	+5°	74°	+35°
	7	69°	−25°	50,5°	+10°	143°	+45°
	8	70°	−30°	35,5°	+15°	45°	+45°
	9	69°	−35°	43,5°	0° b. +5°	57°	+35°
Weibliche Becken	1	73°	−40°	58°	0° b. +5°	83°	+35°
	2	69°	−45°	34°	−5° b. 0°	50°	+40°
	3	68°	−35°	55°	−10°	86°	+35°
	4	70°	−55°	53°	−10°	70°	+35°
	5	67°	−35°	54°	−10°	85°	+35°
	6	67°	−50°	61°	−30°	150°	+35°
	7	67°	−45°	59°	−10° b. −5°	93°	+40°

B. Bei 0° Rotation.

		Schluss-maximum		Minimum		Spreizungs-maximum	
Männliche Becken	1	47°	−10°	37°	+10°	104°	+80°
	2	55°	−10°	48,5°	+10°	91°	+80°
	3	58°	−10°	51°	+10° b. +20°	97°	+80°
	4	53°	−10°	39°	+40°	44°	+70°
	5	54°	−10°	45°	+10° b. +20°	70°	+70°
	6	53°	−5°	40°	+40°	50°	+80°
	7	55,5°	−10°	49°	+10°	93°	+70°
	8	44°	−4°	30°	+30°	41°	+60°
	9	49°	−10°	37°	+30°	55,5°	+80°
Weibliche Becken	1	63°	−10°	49°	+30°	69°	+80°
	2	38,5°	−10°	32,5°	+20°	40°	+70°
	3	61°	−10°	40,5°	+40°	53°	+70°
	4	58°	−10°	48°	+40°	56°	+70°
	5	60°	−10°	40°	+30° b. +40°	52°	+70°
	6	71°	−10°	70°,5	0°	113°	+70°
	7	59°	0°	47°	+30° b. +40°	76°	+90°

Anm. In diesen und den folgenden Tabellen ist „bis“ durch „b.“ bezeichnet, weil das geläufige Zeichen eine Verwechselung mit dem Minus zeichen veranlassen könnte.

Mögliche Maxima und Minima der Conjugataneigung.

Die bisherigen Zusammenstellungen zeigten nur den Einfluss der Rotation der Femora und der Abduction derselben für sich allein auf die Beckenstellung; und für diesen Zweck sind einerseits die Differenzen in der Conjugataneigung mitgetheilt, welche bei gleichbleibendem Abductionsgrade (0°) nur durch Rotation erzielt werden, und andererseits diejenigen Differenzen, welche bei gleichbleibendem Rotationsgrade (0°) nur durch Abduction erreicht werden. Durch die Maxima und Minima dieser Reihen sind indessen noch keinesweges die in der Beckenneigung überhaupt möglichen Maxima und Minima bestimmt. Diese liegen vielmehr in anderen Reihen.

Wie in dem gewählten Abductionsgrade (0°), so sind nämlich auch in allen anderen Abductionsgraden die durch den Rotationsgrad bestimmten Minima in der Nähe des Nullpunktes der Rotation gelegen, die Maxima dagegen in den höchsten Graden der Minus- oder der Plusrotation. — In ähnlicher Weise sind auch für alle anderen Rotationsgrade, wie für den gewählten Rotationsgrad (0°) die durch den Abductionsgrad bestimmten Minima in den mittleren Abductionsgraden (20°, 30°, 40° Divergenz der Femuraxen) zu finden, die Maxima dagegen in den höheren Abductionsgraden (Knieschluss und grösste Spreizung). Hieraus geht nun schon unmittelbar hervor, dass die niedrigsten Beckenneigungen überhaupt da gefunden werden, wo mittlere Rotationsgrade mit mittleren Abductionsgraden zusammenfallen, und dass von diesem Punkte aus nach allen anderen Stellungscombinationen hin sich Zunahme der Beckenneigung zeigen muss, so dass die grössten Neigungswinkel da gefunden werden müssen, wo die höheren Grade der Minus- oder der Plusrotation mit den extremeren Abductionsgraden zusammenfallen.

Unter den möglichen Beckenstellungen muss sich daher zeigen:

1) ein Maximum auf der Minusseite der Rotation, entweder in der Schlussstellung oder in der Spreizungsstellung,

2) ein Minimum, welches in mittlere Abductionsgrade in der Nähe von dem Nullpunkte der Rotation fällt, und
3) ein Maximum auf der Plusseite der Rotation, welches entweder in die Schlussstellung oder in die Spreizungsstellung fällt.

Diese drei Grössen der Conjugataneigung sind für alle gemessenen Becken in folgender Tabelle zusammengestellt. Neben jedem einzelnen Werthe ist sodann in kleinem Druck der Rotationsgrad (R) und der Abductionsgrad (A) angeführt, unter welchem er gefunden wurde.

		Maximum der Minusseite			Minimum			Maximum der Plusseite		
			R	A		R	A		R	A
Männliche Becken	1	83°	—25°	+70°	36°	— 7,5°	+15°	78°	+40°	+70°
	2	109°	—20°	+70°	48,5°	0°	+10°	92°	+30°	—10°
	3	95°	—20°	+70°	50,5°	—10°	+10°	81°	+45°	+70°
	4	96°	—35°	+70°	39°	+ 6,5°	+40°	73°	+25°	—10°
	5	96°	—25°	+70°	44°	+ 7,5°	+20°	84°	+35°	—10°
	6	81°	—45°	—5°	40°	— 2,5°	+40°	75°	+30°	— 5°
	7	112°	—15°	+70°	48°	+ 5°	+10°	143°	+45°	—10°
	8	73°	—30°	—5°	29,5°	+ 7,5°	+15°	54,5°	+60°	+60°
	9	105°	—25°	+80°	37°	— 2,5°	+30°	74°	+35°	—10°
Weibliche Becken	1	107°	—35°	+80°	48°	—10°	+30°	98°	+35°	—10°
	2	76°	—40°	+70°	32°	— 7,5°	+20°	56°	+50°	+70°
	3	94°	—30°	+70°	40°	— 7,5°	+30°	98°	+35°	—10°
	4	90°	—50°	+70°	48°	— 5°	+35°	78°	+35°	—10°
	5	93°	—30°	+70°	39°	— 7,5°	+30°	97°	+35°	—10°
	6	112°	—45°	+60°	61°	—30°	0°	170°	+35°	—10°
	7	89°	—45°	+80°	47°	— 2°	+35°	93°	+40°	0°
Mittel d. männl. Becken		94,4°	—24,4°		41,4°	+ 0,4°	+21,1°	83,8°	+37,2°	
Mittel d. weibl. Becken		94,4°	—39,3°		45,0°	— 9,93°	+25,7°	98,6°	+36,4°	
Gesammtmittel		94,4°	—31,9°		43,2°	— 4,77°	+23,4°	91,2°	+36,8°	

Anm. Das Mittel aus den Abductionsgraden der Maxima zu ziehen, ist unzulässig, weil diese Grade mit Entschiedenheit entweder dem einen oder dem anderen Stellungsextreme angehören und eine Ausgleichung durch Ziehen des Mittels diesen Charakter verwischen würde.

Diese Zusammenstellung lässt leicht erkennen, welche bedeutende Differenzen in der Beckenstellung desselben Individuums möglich sind; zu besserer Uebersicht stelle ich jedoch in dem Folgenden noch einmal besonders die Differenzen zwischen jedem Minimum und den beiden zugehörigen Maxima zusammen.

		Differenz zwischen Minimum und		Summe der Differenzen
		Maximum der Minusseite	Maximum der Plusseite	
Männliche Becken	1	47°	42°	89°
	2	60,5°	43,5°	104°
	3	44,5°	30,5°	75°
	4	57°	34°	91°
	5	52°	40°	92°
	6	41°	35°	76°
	7	64°	95°	159°
	8	43,5°	25°	68,5°
	9	68°	37°	105°
Weibliche Becken	1	59°	50°	109°
	2	49°	24°	68°
	3	54°	58°	112°
	4	42°	30°	72°
	5	54°	58°	112°
	6	51°	109°	160°
	7	42°	46°	88°
Mittel der männl. Becken		53,1°	42,4°	95,5°
Mittel der weibl. Becken		49,4°	53,6°	103,0°
Gesammtmittel		51,2°	48,0°	99,3°

Diese Zahlen sprechen es zwar unmittelbar aus, welche bedeutende Schwankungen in der Conjugataneigung bei verschiedenen Individuen und bei verschiedenen Stellungen desselben Individuums gefunden werden; indessen wird die Grösse dieser Schwankungen noch mehr erkannt, wenn man findet, dass

das höchste Maximum der Minusseite . . . 112°
das niedrigste Minimum . . . . 29,5° und
das höchste Maximum der Plusseite . . . 170°

beträgt.

Aus diesen Zusammenstellungen gehen nun folgende Sätze hervor:

1) Eine absolute Beckenneigung kann nicht aufgestellt werden, selbst nicht für dasselbe Individuum.

2) Für jedes Becken giebt es ein Minimum der Neigung und zwei Maxima, eines für die Rotation nach innen (Minus-Rotation) und eines für die Rotation nach aussen (Plus-Rotation).
3) Das Minimum liegt im männlichen Becken durchschnittlich bei 0° Rotation und 20° Divergenz der Beinaxen, — in weiblichen dagegen bei 0° Rotation nach innen und 25° Divergenz der Beinaxen.
4) Das Maximum der Minusseite findet sich bei dem stärksten Rotationsgrade nach innen. Da aber in dieser Haltung der Beine unter den verschiedenen durch die Abduction bedingten Stellungen ein Minimum der Beckenneigung vorkommt, welchem zwei Maxima entsprechen, (eines in der Schlussstellung und eines in der Spreizstellung, vgl. später über die Maximalpunkte), so hängt es von der Individualität ab, ob das absolute Maximum der Minusseite sich in der Schlussstellung oder in der Spreizstellung findet. Das Gewöhnliche scheint zu sein, dass es in der Spreizungsstellung gefunden wird.
5) Das Maximum der Plusseite findet sich bei dem stärksten Rotationsgrade nach aussen. Ans dem gleichen Grunde, welcher vorher für das Maximum der Minusseite angegeben wurde, wechselt auch hier die Lage desselben so, dass es entweder in der entschiedenen Schlussstellung oder in der entschiedenen Spreizungsstellung liegt. Das Gewöhnliche scheint zu sein, dass es in der Schlussstellung sich findet.
6) Die Minimalneigung der Conjugata beträgt im Mittel zwischen 40° und 50°. Der Winkel scheint bei weiblichen Becken durchschnittlich etwas grösser zu sein. — Den sehr extremen Werth obiger Tabelle von 61° abgerechnet, schwanken die Neigungswinkel zwischen 30° und 50°.
7) Die Maximalneigung der Minusseite beträgt im Mittel 95 . Der Winkel scheint bei beiden Geschlechtern nicht verschieden zu sein. — Die Einzelwerthe schwanken zwischen 76° und 110°.

8) Die Maximalneigung der Plusseite beträgt im Mittel 90°. Der Winkel ist im weiblichen Becken entschieden grösser als im männlichen (um c. 15°). — Die extremen Werthe von 170° und 143°, sowie die nach der anderen Seite hin extremen Werthe von 54,5° und 56° abgerechnet, schwanken die Einzelwerthe zwischen 75° und 100 .

Anm. In den Sätzen 3, 6, 7 und 8 sind, was wohl statthaft, nur gerundete Zahlen gebraucht.

Die Minimalreihen der Conjugataneigung.

Die eben mitgetheilten Maxima und Minima stehen, wie sich leicht denken lässt, nicht vereinzelt, sondern sind durch allmählige Uebergänge unter einander in Verbindung, welche den zwischenliegenden Combinationen von Rotation und Abduction entsprechen. Die Art dieser Verbindung wird am besten zu erkennen sein, wenn sogleich beispielsweise eine der kleineren Tabellen über die möglichen Conjugataneigungen vorangestellt wird. Ich wähle dafür das männliche Becken No. 2, bei welchem übrigens, wie die Vergleichung der Maxima und des Minimum mit den entsprechenden Werthen der anderen Becken lehrt, der Neigungswinkel durchgängig ein ziemlich hoher ist.

Die Werthe dieser Tabelle zerfallen in zweierlei Reihen, nämlich in die senkrechten durch die Rotationsgrade bestimmten Reihen und in die wagerechten durch die Abductionsgrade bestimmten Reihen. Jede dieser zweierlei Reihen (mit Ausnahme der unvollständigen in den höheren Rotationsgraden beider Seiten) ist so gegliedert, dass sie an beiden Enden ein Maximum und dazwischen an irgend einer Stelle ein Minimum hat. Hebt man nun alle Minima der einzelnen Reihen hervor, so erhält man zwei sich durchkreuzende Minimalreihen.

Die eine Minimalreihe, welche in horizontaler Richtung durch die verticalen Spalten geht, zeigt bei jedem Rotationsgrad an, unter welchem Abductionsgrad für ihn die niedrigste Beckenstellung ist; diese Reihe heisse der Kürze wegen in dem Folgenden: horizontale Minimalreihe.

Divergenz der Femur-axen	Rotationsgrade														
	−25°	−20°	−15°	−10°	−5°	0°	+5°	+10°	+15°	+20°	+25°	+30°	+35°	+40°	+45°
−10°	**70°**	62°	58°	56°	55,5°	55°	55,5°	56°	59°	64°	72°	**92°**			
0°	68°	61°	55°	52°	50,5°	50°	51°	52°	54,5°	57°	62°	70°			
+10°	67°	59°	53°	50,5°	49°	**48,5°**	49°	49°	50°	52°	55°	61°	69°		
+20°		64°	58°	53°	50°	49°	49°	49°	50°	51°	53°	57°	62°		
+30°		80°	66°	59°	58°	52°	51°	51°	51,5°	52°	54°	57°	61°	66°	
+40°		90°	77°	66°	60°	55°	53°	53°	53°	54°	55°	58°	61°	67°	70°
+50°		94°	81°	72°	64°	59°	57°	56°	56°	57°	59°	60°	63°	69°	72°
+60°		94°	86°	77°	68°	64°	62°	61°	61°	62°	64°	65°	68°	71°	74°
+70°		**109°**	101°	90°	83°	78°	76°	74°	74°	75°	76°	77°	79°	81°	**83°**

Anmerkung. Durch Addition von 35° werden obige Werthe der Conjugataneigung in den Winkel zwischen Normalconjugata und Beinaxe verwandelt (vgl. oben Ende des Abschnittes über die Differenz der Neigung der Conjugata und der Normalconjugata).

Die zweite Minimalreihe, welche in verticaler Richtung durch die horizontalen Spalten geht, zeigt bei jedem Abductionsgrade an, unter welchem Rotationsgrade für ihn die niedrigste Beckenstellung ist; — diese Reihe heisse der Kürze wegen in dem Folgenden: verticale Minimalreihe.

Wo beide Reihen sich durchkreuzen, da ist das absolute Minimum für das individuelle Becken, und von diesem Punkte aus nehmen die Werthe in beiden Minimalreihen nach beiden Seiten hin allmählig zu. — Beide Reihen sind in obiger Tabelle durch gewöhnliche Grösse der Ziffern gegeben; das absolute Minimum und die später noch näher zu besprechenden Maximalpunkte durch fette Schrift und die Zwischenwerthe durch kleinere Schrift.

Die horizontale Minimalreihe beginnt in dem obigen Beispiele unter -25° Rotation (nach innen) mit 67° Conjugataneigung und geht bei 0° Rotation durch das Minimum $48{,}5^{\circ}$, um unter $+45^{\circ}$ Rotation (nach aussen) wieder 70° zu zeigen. Es ist zu bemerken, dass diese Reihe eine absteigende Richtung hat, in der Weise, dass dieselbe unter dem stärksten Rotationsgrade nach innen (-25°) bei einer Divergenz der Beinaxen von 10° beginnt und in dem stärksten Rotationsgrade nach aussen ($+45^{\circ}$) sich in einem Divergenzgrade der Beinaxen von 40° befindet.

Aehnliche Verhältnisse bietet die verticale Minimalreihe. Sie beginnt bei -10° Divergenz der Beinaxen (Knieschluss) mit 55° Conjugataneigung, geht dann bei $+10^{\circ}$ Divergenz der Beinaxen durch das Minimum $48{,}5^{\circ}$ und zeigt bei $+70^{\circ}$ Divergenz wieder 74°. Auch bei dieser Reihe ist eine schief gehende Richtung der Art zu bemerken, dass sie in der Schlussstellung unter 0° Rotation beginnt und in der Spreizungsstellung unter $+12{,}5^{\circ}$ (Mittel zwischen $+10^{\circ}$ und $+15^{\circ}$) Rotation endet.

Diese schiefe Richtung beider Minimalreihen ist, vereinzelte Ausnahmen abgerechnet, allgemeines Gesetz. Indessen zeigt sich nicht immer, wie in dem vorliegenden Beispiele, ein so reiner und ungestörter Gang, sondern die schiefe Richtung kommt manchmal auch unter Schwankungen nach beiden Seiten hin zu Stande.

In den folgenden Tabellen gebe ich nunmehr für alle gemessenen Becken die beiden Endpunkte und den kleinsten Werth der beiden Minimalreihen der Conjugataneigung; und

füge jedem Werth die Angabe des Abductionsgrades (A) und des Rotationsgrades (R) bei, unter welchem er gefunden wird.

A. Minimalreihen
aus den Werthen der in den verschiedenen Rotationsgraden vorkommenden durch Abduction erzeugten Conjugataneigungen (horizontale Minimalreihen).

		Anfangswerth auf der Minusseite der Rotation			Kleinster Werth			Endwerth auf der Plusseite der Rotation		
			R	A		R	A		R	A
Männliche Becken	1	55°	−30°	0°	36°	−10° b. −5°	+10° b. +20°	58°	+40°	+50°
	2	67°	−25°	+10°	48,5°	0°	+10°	70°	+45°	+40°
	3	57°	−30°	0° b. +10°	50,5°	−10°	+10°	74°	+45°	+50°
	4	60°	−45°	+10°	39°	−5° b. +20°	+30° b. +50°	46°	+40°	+60° b. +70°
	5	92°	−25°	+20°	44°	+5° b. +10°	+20°	56°	+40°	+40°
	6	62°	−40°	+40°	40°	−10° b. +5°	+40°	59°	+60°	+70° b. +80°
	7	66°	−25°	+10°	48°	+5°	+10°	69°	+55°	+50°
	8	60°	−30°	+10°	29,5°	+5° b. +10°	+20° b. +30°	51°	+60°	+40° b. +50°
	9	59°	−35°	+20°	37°	−5° b. 0°	+30°	52°	+60°	+60°
Weibliche Becken	1	70°	−40°	+10°	48°	−15° b. −5°	+30°	68°	+50°	+40°
	2	63°	−45°	+10°	32°	−10° b. −5°	+20°	52°	+50°	+40°
	3	61°	−35°	+10°	40°	−10° b. −5°	+30°	63°	+45°	+50°
	4	66°	−55°	+20° b. +30°	48°	−15° b. +5°	+30° b. +40°	61°	+55°	+70°
	5	60°	−35°	+10°	39°	−10° b. −5°	+30°	67°	+50°	+70°
	6	67°	−50°	0°	61°	−30°	0°	85°	+25°	+30°
	7	58,5	−45°	+40°	47°	−15° b. −10°	+30° b. +40°	58°	+60°	+70°
Mittel d. männl. Becken		64,2°			41,4°			59,4°		
Mittel d. weibl. Becken		63,6°			45,0°			64,9°		
Gesammtmittel		63,9°			43,2°			62,2°		

B. Minimalreihen

aus den Werthen der in den verschiedenen Abductionsgraden vorkommenden durch Rotation erzeugten Neigungen (verticale Minimalreihen).

		Anfangswerth bei Knieschluss			Kleinster Werth			Endwerth bei grösster Spreizung		
			R	A		R	A		R	A
Männliches Becken	1	47°	0°	−10°	36°	−10° b. −5°	+10° b. +20°	69°	−5°	+70°
	2	52°	0°	−10°	48,5°	0°	+10°	74°	+10° b. +15°	+70°
	3	56°	−15° b. −10°	−10°	50,5°	−15° b. −5°	+10°	77°	+5°	+70°
	4	53°	−10° b. +5°	−10°	39°	−5° b. +20°	+30° b. +50°	42°	+10° b. +30°	+70°
	5	53°	+5° b. +10°	−10°	44°	+5° b. +10°	+20°	60°	+15° b. +30°	+70°
	6	53°	0° b. +10°	−5°	40°	−10° b. +5°	+40°	50°	0° b. +5°	+80°
	7	55°	+5° b. +10°	−10°	48°	+5°	+10°	71°	+25°	+70°
	8	39,5°	+20°	−4°	29.5°	+5° b. +10°	+20° b. +30°	39°	+30°	+60°
	9	49°	0°	−10°	37°	−5° b. 0°	+30°	48°	+20° b. +30°	+80°
Weibliches Becken	1	63°	0° b. +5°	−10°	48°	−15° b. −5°	+30°	68,5°	+10° b. +15°	+80°
	2	38,5°	−5° b. 0°	−10°	32°	−10° b. −5°	+20°	40°	0° b. +10°	+70°
	3	60,5°	−10° b. −5°	−10°	40°	−10° b. −5°	+30°	53°	+5° b. +10°	+70°
	4	57°	−15° b. −10°	−10°	48°	−15° b. +5°	+30° b. +40°	51°	+5° b. +10°	+70°
	5	60°	−10° b. 0°	−10°	39°	−10° b. −5°	+30°	52°	0° b. +10°	+70°
	6	63°	−30° b. −25°	−10°	61°	−30°	0°	99°	+25°	+70°
	7	59°	+15° b. 0°	0°	47°	−15° b. +10°	+20° b. +30°	64,5°	+50° b. +60°	+90°
Mittel d. männl. Becken		50,8°			41,4°			58,9°		
Mittel d. weibl. Becken		57,3°			45,0°			61,1°		
Gesammtmittel		54,1°			43,2°			60,0°		

Folgende Zusammenstellung der Mittel lässt das Ergebniss der in diesen Tabellen mitgetheilten Bestimmungen übersichtlich erkennen:

Schlussstellung

54,1° (♂ 50,8° ♀ 57,3°)

Stärkste Rotation nach innen 63,9° (♂ 64,2° ♀ 63,6°)

43,2° (♂ 41,4° ♀ 45,0°)

62,2° (♂ 59,4° ♀ 64,9°) Stärkste Rotation nach aussen

60,0° (♂ 58,9 ♀ 61,1)

Spreizungsstellung

Aus dem Mitgetheilten über die Minimalreihen sind folgende Sätze abzuleiten:

1) Ist das Becken seiner freien Bewegung im Hüftgelenk durch die Schwere des Rumpfes überlassen, und werden die Beine aus der Schlussstellung in die Spreizstellung gebracht, so durchläuft, da die Rumpfschwere dem Becken für jeden Abductionsgrad eine Minimalstellung geben muss, die Conjugata eine Reihe von Neigungen, welche mit 54,1° (gerundet: 55°) anfängt, durch das absolute Minimum 43,2° (gerundet: 45°) hindurchgeht und mit 60,0° endigt. Die Beine werden dabei allmählig (manchmal unter Schwankungen) etwas nach aussen rotirt.

2) Ist das Becken seiner freien Bewegung im Hüftgelenke durch die Schwere des Rumpfes überlassen, und werden die Beine aus der stärksten Rotation nach innen in die stärkste Rotation nach aussen gebracht, so durchläuft gleichfalls aus dem unter 1 angegebenen Grunde die Conjugata eine Reihe von Neigungen, welche mit 63,9° (gerundet: 65°) beginnt, durch das absolute Minimum 43,2° (gerundet: 45°) hindurchgeht, und mit 62,2° (gerundet: 60°) endigt. Die Beine werden dabei allmählig (manchmal unter Schwankungen) in etwas stärkere Abduction gebracht.

3) In der stärksten Rotation nach innen und in der Spreizungsstellung sind die Minimalwerthe der Conjugataneigung bei beiden Geschlechtern gleich gross; in der stärksten Rotation nach aussen dagegen ist derjenige bei dem weiblichen Becken bedeutend höher als derjenige bei dem männlichen Becken; in der Schlussstellung und dem absoluten Minimum scheint der Werth bei dem weiblichen Becken etwas höher zu stehen.

Die geschehene Mittheilung der Endwerthe und des Minimum aller Minimalreihen ist zwar geeignet, über die Gestaltung dieser Reihen hinlänglich Aufklärung zu geben, indessen wird es zur Ergänzung des Gesagten doch noch angemessen sein, die Mittel aus allen Minimalreihen als ganze Reihen noch beizufügen. Ein Beispiel von individueller Gestaltung der Reihen ist bereits oben gegeben.

B. Minimalreihen aus den Mittelwerthen der horizontalen Minimalreihen sämmtlicher gemessenen Becken

	Rotationsgrade														
	−35°	−30°	−25°	−20°	−15°	−10°	−5°	0°	+5°	+10°	+15°	+20°	+25°	+30°	+35°
Mittel aus d. männl. Becken			57,1°	51,1°	46,6°	43,4°	42,1°	41,8°	41,9°	42,5°	43,3°	44,3°	46,0°	47,8°	50,4°
Mittel aus d. weibl. Becken	55,4°	51,6°	49,4°	47,4°	45,7°	45,6°	45,7°	46,5°	47,4°	48,4°	49,9°	52,1°	54,1°	65,4°	69,2°
Gesammtmittel			53,3°	49,3°	46,1°	44,5°	43,9°	44,2°	44,6°	45,8°	46,6°	48,2°	50,1°	56,6°	59,8°

B. Minimalreihen aus den Mittelwerthen der verticalen Minimalreihen sämmtlicher gemessenen Becken.

Divergenz der Beinaxen	Mittel aus den männlichen Becken	Mittel aus den weiblichen Becken	Gesammtmittel
−10°	51,2°	56,7°	54,0°
0°	46,7°	53,1°	49,9°
+10°	43,1°	49,0°	46,1°
+20°	42,4°	47,4°	43,9°
+30°	43,3°	46,8°	45,1°
+40°	45,5°	48,7°	47,1°
+50°	48,5°	50,8°	49,6°
+60°	52,6°	53,9°	53,3°
+70°	59,6°	57,7°	58,8°

Anm. Für diese Reihen sind die Mittelwerthe in der Weise gewonnen, dass für jeden derselben die unter gleichem Rotations- (be-

ziehungsweise Abductions-) Graden liegenden Werthe der individuellen Minimalreihen benutzt wurden, wobei natürlich nur diejenigen Rotations- (Abductions-) Grade berücksichtigt werden konnten, für welche bei allen (oder wenigstens nahezu allen) Becken im Versuche Werthe erhalten waren. Die Maxima und Minima dieser Reihen können deshalb auch nicht mit den vorher gewonnenen Mitteln übereinstimmen, da diese letzteren die Mittel der einzelnen Maxima und Minima sind, ohne Rücksicht auf die Stellung derselben nach dem Rotations- oder Abductionsgrade.

Die Maximalpunkte der Conjugataneigung.

In dem Obigen war bei der Aufstellung der Maxima auffallend, dass dieselben zwar stets in den beiden Extremen der Rotation gefunden wurden, dass sie dagegen in den verschiedenen Individuen entweder in die Schlussstellung oder in die Spreizungsstellung fielen. Die Ursache für dieses auffallende Verhältniss ist die, dass aus den Gründen, welche aus dem letzten Abschnitte deutlich sind, in jedem der beiden extremen Rotationsgrade zwei Maxima gefunden werden, von welchen eines in der Schlussstellung, das andere in der Spreizungsstellung liegt. Je nach der Individualität ist dann das eine oder das andere von diesen grösser und wird damit zum absoluten Maximum seiner Seite (Plusseite, beziehungsweise Minusseite der Rotation).

Für ein jedes Becken giebt es demnach vier Maxima der Maximalpunkte, und diese liegen:

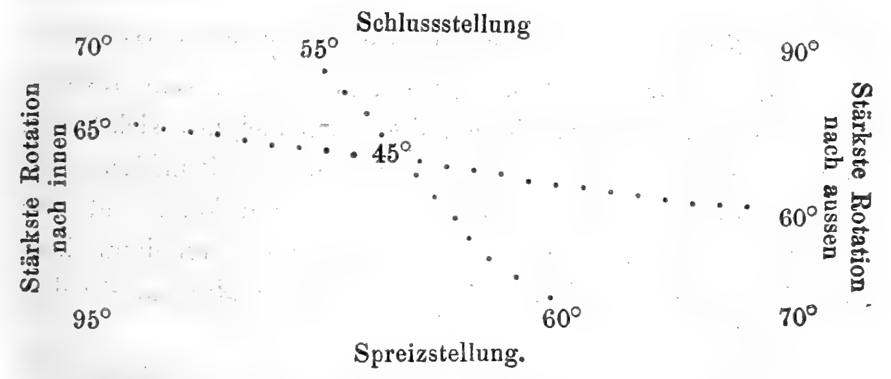
1) bei stärkster Rotation nach innen in der Schlussstellung,
2) „ „ „ „ „ „ „ Spreizstellung.
3) bei stärkster Rotation nach aussen in der Schlussstellung,
4) „ „ „ „ „ „ „ Spreizstellung.

Die Werthe dieser Maximalpunkte der Conjugataneigung waren für die gemessenen Becken folgende. Die Benennung der Spalten (1, 2, 3, 4) weist auf die soeben gegebene Uebersicht hin. In besonderer Spalte ist zur Vergleichung das absolute Minimum hingestellt.

		1	2	3	4	Minimum
Männliche Becken	1	62°	83°	71°	78°	36°
	2	70°	109°	92°	83°	48,5°
	3	59°	95°	80°	81°	50,5°
	4	66°	96°	73°	49°	39°
	5	96°	96°	84°	67°	44°
	6	81°	80°	75°	59°	40°
	7	72°	112°	143°	79°	48°
	8	73°	61°	46°	54,5°	29,5°
	9	77°	105°	74°	55,5°	37°
Weibliche Becken	1	76°	107°	98°	81°	48°
	2	73°	76°	54°	56°	32°
	3	69°	94°	98°	70°	40°
	4	73°	90°	78°	63°	48°
	5	68°	93°	97°	69°	39°
	6	71°	112°	170°	99°	61°
	7	67°	89°	93°	64,5°	47°
Mittel d. männl. Becken		72,9°	93,0°	82,0°	67,3°	41,4°
Mittel d. weibl. Becken		71,0°	94,4°	98,3°	71,8°	45,0°
Gesammtmittel		72,0°	93,7°	90,2°	69,6°	43,2°

Uebersicht über die möglichen Beckenstellungen.

Es lässt sich nunmehr folgende Uebersicht über die verschiedenen möglichen Beckenstellungen und deren gegenseitiges Verhältniss geben.



Für diese Zusammenstellung, mit welcher zum leichteren Verständniss die oben gegebene tabellarische Zusammenstellung der möglichen Conjugataneigungen in dem männlichen Becken No. 2 zu vergleichen ist, sind nur die Gesammtmittel in Rundung benutzt.

In den vier Ecken stehen die vier Maxima (70°, 95°, 90°,

70°), — und in der Mitte durchkreuzen sich, durch punktirte Linien angedeutet, die beiden Minimalreihen, die verticale (55° . . . . 45° . . . . 60°) und die horizontale (65° . . . . 45° . . . . 60°).

Die vier Endpunkte der zwei Minimalreihen sind zugleich die Minima von vier Maximalreihen, welche die Conjugataneigung durchläuft:

1) wenn die Beine in Schlussstellung aus stärkster Rotation nach innen in stärkste Rotation nach aussen gebracht werden (70° . . . . 55° . . . . 90°),
2) wenn die Beine in Spreizstellung aus stärkster Rotation nach innen in stärkste Rotation nach aussen gebracht werden (95° . . . . 60° . . . . 70°),

   wenn die Beine in stärkster Rotation nach innen aus der Schlussstellung in die Spreizstellung gebracht werden (70° . . . . 65° . . . . 95°),
4) wenn die Beine in stärkster Rotation nach aussen aus der Schlussstellung in die Spreizstellung gebracht werden (90° . . . . 60° . . . . 70°).

Die Zwischenräume zwischen den Minimalreihen und den Maximalreihen werden durch allmählig wachsende dazwischen gelegene Werthe ausgefüllt.

Die Neigung der Conjugata im aufrechten Stehen.

Nachdem durch das Bisherige erkannt ist, wie sehr abwechselnd bei demselben Individuum die Beckenneigung sich findet, so ist zugleich deutlich, dass man von der Beckenneigung als einer absoluten Grösse, durchaus nicht reden kann und dass man von der Beckenneigung eines Individuums erst dann einen Begriff hat, wenn man das Minimum und die Maxima für dieselbe bestimmt hat.

Um dieses thun zu können, müsste man eine Methode kennen, welche in gleicher Weise, wie mir es an dem Präparate möglich gewesen ist, die Beckenneigung am Lebenden für alle möglichen Stellungen zu ermitteln erlaubte. Eine brauchbare Methode dieser Art habe ich indessen bis jetzt noch nicht auffinden können, und ich musste es aus diesem Grunde auch unterlassen, die oben mitgetheilten Ergebnisse meiner Versuche

am Präparat durch Versuche am Lebenden zu controlliren und zu berichtigen. Ein Vergleich dieser Art würde ohne Zweifel die Zahl der brauchbaren Rotationsgrade in etwas beschränkt haben. Aus den Grundsätzen, auf welche sich meine Versuche gründeten, ist es jedoch deutlich, dass die von mir aufgestellten Schwankungsgesetze als solche eine wesentliche Modification nicht erfahren haben würden; und darauf weisen auch die Versuche hin, welche ein Jeder leicht an sich selbst wiederholen kann. Man wird sich nämlich bei Annehmen einer grösseren Abduction beider Beine von der steileren Beckenstellung leicht überzeugen durch Beobachtung der gegenseitigen Stellung der Spina anterior superior cristae ossis ilium und der Symphysis ossium pubis, oder auch durch die veränderte Neigung eines auf den Hüftgelenken festgehaltenen Lineals; nicht minder überzeugt man sich von der steileren Beckenneigung durch das starke Muskelgefühl in der Lendengegend, welches durch die Anstrengung der Lendenmuskeln für Aufrichten der Wirbelsäule erzeugt wird. Mit den gleichen Mitteln kann man auch erkennen, dass bei Knieschluss das Becken steiler geht, als bei etwa 10° Divergenz der Beinaxen; und nicht minder kann man die steilere Stellung des Beckens in stärkster Rotation nach innen, so wie in stärkster Rotation nach aussen in gleicher Weise erkennen. — Man kann sich demnach durch diese Versuche von dem Vorhandensein des Minimum und der vier von dem Minimum sehr verschiedenen Maximalpunkte überzeugen, und kann dadurch wenigstens die Hauptgrundlage der aufgestellten Schwankungsgesetze verificiren.

Dass auch sogar die gewonnenen Zahlwerthe durch Versuche am Lebenden keine wesentlichen Modificationen erfahren würden, dafür sprechen einerseits ebenfalls die Grundsätze, auf welche die Versuche am Präparat sich stützen, und andererseits die Thatsachen, welche sich in der Erörterung über die früheren Versuche, die Beckenneigung zu bestimmen, herausstellen werden.

Die Schwierigkeit, einen normalen Winkel für die Beckenneigung aufzustellen, wird neben diesen Schwankungen bei dem einzelnen Individuum noch bedeutend dadurch vermehrt, dass

auch zwischen den einzelnen Individuen sehr erhebliche Verschiedenheiten beobachtet werden. Als Beweis könnte ich ausser den Ergebnissen meiner Versuche die Erfahrungen von Nägele und Weber anführen, wenn nicht für die grosse Schwankung in den von diesen Forschern gefundenen Einzelwerthen noch andere nicht minder wichtige Ursachen zu finden wären, welche später noch zu besprechen sind; indessen kann hier doch so viel erwähnt werden, dass Nägele (S. 6) bei weiblichen Individuen den Stand der Steissbeinspitze zu der durch den unteren Rand der Symphysis ossium pubis gelegten Horizontalen um 31 Linien schwankend fand (22‴ über und 9‴ unter der Horizontalen) und dass ebenso Weber (S. 126) bei männlichen Individuen die Höhe der Steissbeinspitze über der bezeichneten Horizontalen schwankend fand um 23,3 Millimeter, wodurch eine Schwankung in dem Neigungswinkel des unteren geraden Durchmessers um 20° 33′ bedingt wurde.

Zur Bestätigung der Schwankung zwischen den einzelnen Individuen erinnere ich unter Hinweisung auf das oben Mitgetheilte nur an folgende Punkte aus meinen Versuchen:

1) der Stand des höchsten der vier Maximalpunkte über dem Minimum schwankte zwischen 41° und 109° (oder, nach Weglassung zweier extremer Differenzen von 95° und 109°, zwischen 41° und 68°).
2) Die Summe der Differenzen zwischen dem Minimum und dem Maximum der Plusseite und der Minusseite schwankte zwischen 68° und 160° (oder, nach Weglassung zweier extrem hoher Summen, zwischen 68° und 112°).
3) Die Minima schwankten zwischen 29,5° und 61° (oder, nach Weglassung des letzteren sehr hohen Werthes, zwischen 29,5° und 50,5°).

Soll nun trotz dieser erschwerenden Verhältnisse etwas Bestimmtes über die Beckenneigung gesagt werden, so kann dieses nur Bezug haben auf eine bestimmte, genau definirbare Stellung. Als solche kann nun keine andere bezeichnet werden, als diejenige des aufrechten Stehens. Von den verschiedenen Arten, welche auch in dem aufrechten Stehen noch möglich sind, nehme ich folgende drei als dieje-

nigen heraus, bei welchen die schärfste Bezeichnung möglich ist.

1) Die von mir in meinem Aufsatze über das aufrechte Stehen (Müller's Archiv 1853 S. 9) und in meinem Lehrbuche der Anatomie (Seite 141 u. 142) als leichtest zu bezeichnende Stellung gewählte. — Beide Beinaxen sind unter einander parallel; die Neigung beider Beine beträgt 83° gegen den Horizont; das Femur befindet sich in derjenigen Rotationsstellung, welche in den oben mitgetheilten Versuchen mit minus 5° bezeichnet ist;
2) dieselbe Stellung nur mit Knieschluss statt des Parallelismus der Beinaxen, wobei demnach die beiden Femuraxen eine Convergenz nach unten von 4°—10° zeigen;
3) die militärische Stellung, d. h. Neigung der Beinaxen gegen den Horizont von 83°, — Knieschluss, — und solche Rotationsstellung der Beine, dass die Mittellinien beider Füsse unter einander einen rechten Winkel bilden. Aus den Constructionen in meinem Lehrbuche ist leicht abzuleiten, dass dieses diejenige Rotationsstellung ist, welche in den oben mitgetheilten Versuchen als plus 10° bezeichnet ist.

Bei diesen drei Stellungen ergaben sich folgende unter A aufgeführte Neigungen der Conjugata. Die jeder Stellung angehörige Reihe ist durch dieselbe Zahl bezeichnet, welche die Stellung in der eben gegebenen Aufzählung führt.

Anm. Da aus dem unmittelbar gemessenen Neigungswinkel der Normalconjugata gegen die Beinaxe die folgenden unter A stehenden Werthe für den Neigungswinkel der Conjugata gegen den Horizont durch Berechnung gefunden sind, und da dabei ein Neigungswinkel der Beinaxe gegen den Horizont (von 83°) vorausgesetzt wurde, welcher jedenfalls auch individuellen Schwankungen ausgesetzt ist, so habe ich in B die Neigungswinkel der Conjugata gegen die Beinaxe hinzugefügt und in C die Neigungswinkel der Normalconjugata gegen die Beinaxe. Diese Werthe sind alsdann, da sie frei sind von einem weiteren individuell schwankenden Factor, für weitere Benutzung jedenfalls brauchbarer, wenn auch die Werthe der Conjugataneigung gegen den Horizont wegen der geläufigen Auffassungsweise dieser Verhältnisse unmittelbarer verständlich sind.

		A			B			C		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Männliche Becken	1	41°	48°	49°	124°	131°	132°	97°	104°	105°
	2	50,5°	55,5°	56°	133,5°	138,5°	139°	103,5°	108,5°	109°
	3	53°	56,5°	61°	136°	139,5°	144°	102°	105,5°	110°
	4	49°	53°	55°	132°	136°	138°	96°	100°	102°
	5	50,5°	56°	53°	133,5°	139°	136°	103,5°	109°	106°
	6	52°	55°	53°	135°	138°	136°	98°	101°	99°
	7	54°	57°	55°	137°	140°	138°	111°	114°	112°
	8	42°	45°	41°	125°	128°	124°	97°	100°	96°
	9	44°	49,5°	50°	127°	132,5°	133°	96°	101,5°	102°
Weibliche Becken	1	58,5°	63°	63,5°	141,5°	146°	146,5°	111,5°	116°	116,5°
	2	34°	38,5°	39,5°	117°	121,5°	122,5°	85°	89,5°	90,5°
	3	55°	60,5°	65°	138°	143,5°	148°	105°	110,5°	115°
	4	53°	57,5°	61°	136°	140,5°	144°	104°	108,5°	112°
	5	54°	60°	64°	137°	143°	147°	104°	110°	114°
	6	68°	69°	86,5°	151°	152°	169,5°	123°	124°	141,5°
	7	59°	59°	60,5°	142°	142°	143,5°	111°	111°	112,5°
Mittel der männl. Becken		48,4°	52,8°	52,6°	131,4°	135,8°	135,6°	100,4°	104,8°	104,6°
Mittel der weibl. Becken		54,5°	58,2°	62,9°	137,5°	141,2°	145,9°	106,2°	109,9°	114,6°
Gesammtmittel		51,45°	55,50°	57,75°	134,45°	138,50°	140,75°	103,30°	107,35°	109,60°

Die eben gegebene Zusammenstellung lehrt:

1) dass bei beiden Geschlechtern für die Haltung des Beckens im aufrechten Stehen nicht unwesentliche Verschiedenheiten bestehen, indem die Conjugataneigung der männlichen Becken für die drei Stellungen um 6,1°, um 5,4° und um 10,3° geringer ist, als die Conjugataneigung in den gleichen Stellungen bei weiblichen Becken. —

Dass eine geschlechtliche Verschiedenheit der Conjugataneigung vorhanden sei, wurde bereits durch die früheren Untersuchungen von Nägele und Weber erkannt; nur erscheint in diesen das Verhältniss gerade umgekehrt, indem Nägele (S. 2) die Conjugataneigung bei weiblichen Becken zu 55°—60° bestimmt, und Weber (S. 127) nach derselben Methode diejenige des männlichen Beckens zu 65°.

2) ist es bemerkenswerth, dass die in obiger Zusammenstellung gegebenen Werthe mit Bestimmtheit unter den bisher als Regel angenommenen Werthen bleiben, was besonders für den Neigungswinkel des männlichen Beckens auffallend ist. — In der ungezwungenen aufrechten Stellung (1) ist der Winkel für männliche Becken 48,4° und für weibliche Becken 54,5°; — etwas höhere Werthe zeigt erst die gezwungenere Stellung (2), nämlich 52,8° für männliche und 58,2° für weibliche Becken; — in der noch gezwungeneren mit Auswärtsrotation verbundenen Stellung (3) bleibt der Werth für männliche Becken immer noch bedeutend unter dem gewöhnlich angenommenen Werthe, indem er 52,6° beträgt; nur der Werth für weibliche Becken, welchen schon die Stellung (2) den allgemein angenommenen 60° nahe gebracht hat, überschreitet diese letztere Zahl und steigt auf 62,9°.

Woher diese unter 1 und 2 angegebene Verschiedenheit der Resultate? Die Methode der Untersuchung giebt hierauf Antwort.

Die Methode von Nägele, welche von den späteren (Weber, Krause) nachgeahmt wurde, war folgende: Bei einer aufrecht stehenden Person wurde ein Senkel von dem unteren Rande der Symphysis ossium pubis auf den Boden hinabgelassen und ein anderes von der Steissbeinspitze ebenfalls auf den Boden; — die Differenz der Länge der beiden Senkel und der gegenseitige Abstand derselben gaben dann die beiden Katheten eines rechtwinkligen Dreieckes, dessen Hypotenuse der untere gerade Durchmesser war, und es war nicht schwierig, mit diesen Daten die Neigung des genannten Durchmessers gegen den Boden (den Horizont) zu berechnen. An getrockneten Becken wurde sodann der Winkel zwischen dem

unteren geraden Durchmesser und dem oberen geraden Durchmesser (Conjugata) gesucht und das Mittel der für diesen Winkel gefundenen Werthe zu dem gefundenen Neigungswinkel des unteren geraden Durchmessers addirt. Hiermit war der Neigungswinkel der Conjugata gegen den Horizont so genau als möglich gefunden.

Bei der schwierigen Zugänglichkeit des Untersuchungsobjectes ist diese Methode so genau und befriedigend, als es verlangt werden kann, und es würde auch gegen dieselbe keinerlei Einwendung gemacht werden dürfen, wenn sie nicht neben der Nichtberücksichtigung der Stellung der Beinaxen mit Nothwendigkeit eine wichtige Fehlerquelle enthielte, deren Vorhandensein den betreffenden Forschern entgangen ist, weil sie in der Grösse der Beckenneigung eine für dasselbe Individuum unveränderliche Grösse erblickten.

Es ist nämlich deutlich, dass die Untersuchung in einer Stellung gemacht wurde, welche nicht die Stellung des gewöhnlichen aufrechten Stehens war und daher auch keinen unmittelbaren Schluss auf diese erlaubte. Die Untersuchung wurde ja mit Nothwendigkeit in gespreizter Stellung der Beine unternommen und, wie oben gezeigt, ist ein Unterschied in dem Divergenzgrade der Beine von entschiedenstem Einflusse auf die Beckenneigung. Ferner führten ohne Zweifel die betreffenden Individuen bei der Untersuchung eine Rotation der Beine nach innen aus, weil eine solche, da sie den M. glutaeus maximus und die hintere Flexorengruppe des Oberschenkels nach aussen verschiebt, nothwendig ist, um die Steissbeinspitze zugänglich zu machen; — dass auch eine solche Rotation die Beckenneigung influencirt, ist ebenfalls in dem Früheren gezeigt. — Neben diesen beiden das Resultat wesentlich influencirenden durch die Methode gebotenen Beinbewegungen können auch noch andere nicht berücksichtigte Bewegungen von Einfluss ausgeführt worden sein, wie z. B. ein Vorwärtsneigen im Fussgelenk, um dem Untersuchenden das Becken entgegen zu führen, oder ein Bücken, um dem Untersuchenden zuzusehen u. s. w. — Bewegungen der letzteren Art lassen sich natürlich nicht in vergleichende Berechnung ziehen, da sie nur von der Willkür des Individuums abhängig sind,

dagegen kann der Einfluss der Spreizung und der Rotation an der Hand der von mir gewonnenen Tabellen unschwer erkannt werden.

Um nun zu vergleichen, in wie weit diese Momente wirklich das Resultat der früheren Untersuchungen haben bestimmen helfen, habe ich die Neigungswinkel zusammengestellt, welche an den von mir gemessenen Becken die Conjugata in den Spreizungsgraden von 40°, 50° und 60° Divergenz der Beinaxen bei – 15° und bei – 5° Rotation zeigte, d. h. bei dem Rotationsgrade des ungezwungenen aufrechten Stehens (–5°) und bei demjenigen Rotationsgrade, welcher um 10° nach innen von diesem liegt (der muthmasslichen Stellung der Individuen des Versuches). Die Mittel aus diesen Werthen sind in dem Folgenden im Vereine mit den oben gewonnenen Werthen zusammengestellt.

Stellung der Beinaxen	Männliche Becken		Weibliche Becken		Mittel	
	–15°	–5°	–15°	–5°	–15°	–5°
Knieschluss		52,8°		58,2°		55,50°
Parallel		48,4°		54,5°		51,45°
40° Divergenz	59,3°	49,3°	50,4°	49,2°	54,85°	49,25°
50° Divergenz	63,7°	53,6°	54,1°	52,2°	58,90°	52,9°
60° Divergenz	68,8°	59,2°	60,3°	56,4°	64,55°	57,8°

Die unter – 15° Rotation stehenden Zahlen sind diejenigen, welche der oben bezeichneten Stellung entsprechen, die das untersuchte Individuum während der Untersuchung einzunehmen gezwungen war. Wie man sieht, stimmen sie in merkwürdiger Weise mit den Ergebnissen der Untersuchung von Nägele (55°—60° für das weibliche Becken), von Weber (65° für das männliche Becken), und von Krause (55°—65° für das Mittel). — Wir haben hier nicht nur die höheren Zahlen der geläufigen Ansicht über die Conjugataneigung, sondern auch das oben ebenfalls bezeichnete auffallende Verhältniss, dass die Zahlen für das männliche Becken höher sind, als diejenigen für das weibliche Becken. Beides ist aus den früher aufgestellten Gesetzen über die Schwankungen in der Conjugataneigung hinlänglich erklärt:

die höheren Zahlen überhaupt sind erklärt durch die Divergenzgrade und den Rotationsgrad des Versuches, und

die höheren Zahlen für das männliche Becken sind durch die Thatsache erklärt, dass die horizontale Minimalreihe (die durch Rotation bedingten Minima in den verschiedenen Divergenzgraden umfassend) bei dem männlichen Becken entfernter von den höheren Divergenzgraden gelegen ist, bei dem weiblichen Becken dagegen näher an denselben.

Diese Uebereinstimmung überzeugt auf das Bestimmteste, dass die von Nägele, Weber und Krause gemessenen Conjugataneigungen wirklich die in der bezeichneten Divergenz- und Rotationsstellung geltenden sind und keine unmittelbare Anwendung für die Auffassung der Haltung im aufrechten Stehen erlauben.

Zugleich aber ist auch aus dem Erfolge dieser Vergleichung zu erkennen, dass meine an dem Präparate gewonnenen Zahlwerthe wirklich unmittelbare Anwendung auf Lebende gestatten.

Es ist nun auch erklärlich, warum Nägele über die Schwierigkeit zu klagen hatte, bei demselben Individuum dasselbe Resultat zu erhalten. Er sagt S. 5: dass dieses Verfahren, so leicht es auch zu sein scheint, und so einfach es auch wirklich ist, gleichwohl einige Uebung erfordere, hiervon kann sich Jeder, der noch keine Messungen der Art angestellt hat, leicht überzeugen, wenn er nämlich die Messung an derselben Person wiederholt oder von einem anderen wiederholen lässt, wo sich gemeiniglich ein bedeutender Unterschied ergeben wird.“ — Wir werden, um den Grund für den von Nägele hier bemerkten Umstand zu finden, nicht nur an die mangelhafte Uebung des Untersuchenden und die Schwierigkeit der Untersuchung selbst zu denken haben, sondern auch daran, dass das Individuum der Untersuchung sich bei einer jeden neuen Untersuchung etwas anders stellen wird, und dass ein jeder Untersuchende für seine Bequemlichkeit eine etwas andere Stellung verlangen wird, so dass also immer etwas andere Divergenz- und Rotationsgrade zur Untersuchung kommen. — In Uebereinstimmung hiermit ist der Umstand, dass Weber

(S. 129) an Becken, bei welchen er im getrockneten Zustande die Neigung nach anderen Grundsätzen bestimmte, die bedeutenden Schwankungen nicht fand, wie in seinen Untersuchungen lebender Personen (S. 126). Bei 15 lebenden Individuen betrug nämlich die Schwankung 20°, 33°, bei 7 getrockneten Becken dagegen nur 8°.

Die von Nägele und Weber gefundenen Schwankungen erscheinen deshalb nicht allein als Aeusserungen individueller Verschiedenheiten, sondern auch als Folge wechselnder Stellung der untersuchten Individuen.

Als Resultate der oben mitgetheilten Untersuchungen lassen sich in Bezug auf die Beckenneigung folgende Sätze hinstellen, wobei für die Bestimmung der Conjugataneigung die Stellung der Beinaxen gegen den Horizont zu 83° angenommen ist:

1) Die Beckenneigung verschiedener Individuen zeigt grössere Verschiedenheiten, als man bisher geglaubt hat.

2) Bei demselben Individuum zeigt die Beckenneigung sehr grosse Verschiedenheiten, welche (abgesehen von der Neigung der Beinaxe gegen den Horizont) abhängig sind von dem Divergenzgrade und dem Rotationsgrade der Beinaxen.

3) Unter den verschiedenen Beckenneigungen desselben Individuums giebt es ein Minimum und vier Maxima.

4) Das Minimum beträgt 40—45° Conjugataneigung (bei weiblichen etwas mehr als bei männlichen) und ist vorhanden bei männlichen Becken in 20° Divergenz und 0° Rotation der Beinaxen, — bei weiblichen Becken dagegen in 25° Divergenz und 10° Einwärtsrotation der Beinaxen.

5) Die vier Maxima finden sich in den Vereinigungen extremster Divergenzstellung (Knieschluss oder grösste Spreizung) mit den extremsten Rotationsgraden (nach innen oder nach aussen). Die Maxima besitzen durchschnittlich 90—100° Conjugataneigung.

6) Für das ungezwungene Aufrechtstehen mit parallelen Beinaxen ist die Conjugataneigung bei männlichen Becken gegen 50° und bei weiblichen Becken gegen 55°. — Bei Knieschluss und mehr noch bei Auswärtsstellung der Fussspitzen

ist sie etwas höher, nämlich über 50° bei männlichen und ungefähr 60° bei weiblichen Becken.

7) Die bisher angenommenen Werthe für die Conjugataneigung im aufrechten Stehen gehören einer Spreizstellung (40—60° Divergenz der Beinaxen) mit Einwärtsrotation an.

Ueber die einheitliche Verschmelzung verschiedenartiger Netzhauteindrücke beim Sehen mit zwei Augen.

Von

Prof. Dr. P. L. Panum.

(Schluss der oben S. 111 abgebrochenen Abhandlung.)

Volkmann hat allerdings richtig gefühlt, dass ich einen recht nachdrücklichen Angriff auf die von ihm so beliebten psychischen Erklärungen in der physiologischen Optik überhaupt und hier speciell im Gebiete des Binocularsehens gemacht habe. Dieser Angriff geht aber weder von meiner zunächst rein empirischen, nur einen Ausdruck der Thatsachen enthaltenden Aufstellung der correspondirenden Empfindungskreise aus, auch nicht von irgend welcher anatomischen Hypothese, sondern er ist in den Resultaten meiner Analyse des gemeinschaftlichen Gesichtsfeldes und in der Begründung derjenigen Erklärungen enthalten, die ich oben im gedrängten Resumé hingestellt habe. Wenn Volkmann daher einen Versuch machen will, die psychischen Erklärungen in dem Umfange, in welchem er sie vertritt, zu retten, so muss er den Gründen entgegentreten, die ich seinen Auffassungen in meiner Analyse des gemeinschaftlichen Gesichtsfeldes entgegengestellt habe.

Anstatt aber die einzelnen, auf dem Wege der experimentellen Analyse ermittelten Momente unter möglichst vereinfachten Bedingungen zu untersuchen, hat Volkmann eine Reihe von Versuchen vorgeführt, bei welchen gleichzeitig mehrere der von mir hervorgehobenen Momente zur Geltung

kommen, und Volkmann hat gemeint, dass diese auf solche Weise mehr oder weniger complicirten Versuche einzig und allein durch seine psychologischen Hypothesen erklärt werden könnten. Er ist hiervon so fest überzeugt, dass er nicht im Entferntesten an die Möglichkeit einer anderen Erklärung, etwa durch die von mir hervorgehobenen Momente gedacht hat. Ich werde nun zeigen, dass diese Momente auch bei den von Volkmann angegebenen Versuchen sehr wesentlich in Betracht kommen, und wenn es gelingt diese durch dieselben zu erklären, so folgt daraus zunächst, dass diese Versuche für die von Volkmann vertretenen psychologischen Erklärungen Nichts beweisen.

Bevor ich aber zu den Einzelversuchen Volkmann's übergehe, sei es mir erlaubt einige kurze, allgemeinere Bemerkungen vorauszuschicken. Ich habe in meiner Schrift S. 42—46 beispielsweise gezeigt, wie die verschiedenen, von mir festgestellten Einzelmomente bei complicirteren stereoskopischen Objecten in Betracht kommen, wie sie zur Gesammterscheinung im Sammelbilde zusammenwirken, und wie man ein solches complicirtes Bild mittelst meiner Erklärungen zu entwirren oder zu entziffern hat. In den complicirten Bildern können alle die oben angeführten Einzelmomente neben einander zur Geltung kommen, jedenfalls kommen aber mehrere derselben gleichzeitig in Betracht, wobei sehr oft das eine Moment modificirend und beeinträchtigend auf das andere einwirkt.

Die Einführung des einen oder des anderen Momentes in ein complicirtes Bild ist daher für den Einzelversuch bezüglich der reinen Sinnlichkeit durchaus kein zufälliger Umstand, wie Volkmann anzunehmen scheint. Ebenso wie die Reactionen eines chemischen Stoffes durch die Gegenwart eines anderen modificirt und getrübt werden können, so kann auch die Reaction des einen Sinnlichkeitsmodus durch das Hinzutreten eines zweiten und dritten modificirt werden, und es sind daher complicirte Bilder im Ganzen ebenso wenig geeignet, die elementaren Verhältnisse der Sinnlichkeit festzustellen, wie ein Gemisch von mehreren Stoffen geeignet ist, die Reaction der einzelnen Stoffe zu zeigen. Es kommt z. B. die binoculare

Farbenmischung in der Regel neben der binocularen Synergie des Alternirens und mit ihr abwechselnd zur Geltung. Die Macht der Conturen und der ihnen im Einzelbilde angrenzenden Grundfärbung greift in beide Synergien ein und kann bewirken, dass sie local, wenigstens zeitweilig, nicht zur Geltung kommen können. So ist z. B. in der nächsten Umgebung der freien Balkenenden im Sammelbilde der Kreuze in meinen Farbentafeln weder ein Alterniren, noch eine Mischung des Gelb und des Blau wahrnehmbar, indem die den Balken in den Einzelbildern anliegenden Grundfarben durch die Macht der der Contur anliegenden Grundfärbung zu einer so intensiven Componente werden, dass die andere Farbe, Blau oder Gelb, hier ganz unterdrückt wird. Dies wird aber wohl Niemand als einen Beweis gegen die binoculare Synergie der Farbenmischung oder gegen die binoculare Synergie des Alternirens geltend machen wollen.

Wie nun die Synergie des Alternirens die Synergie der Farbenmischung und die Macht der den Conturen anliegenden Grundfärbung beide jene Synergien stören kann, so kann auch die Synergie des Einfachsehens in complicirten Bildern durch verschiedene andere der angeführten Momente mehr oder weniger, zeitweilig oder local, beeinträchtigt werden. — Wenn z. B. diejenigen Momente, welche für die Einstellung der Augenachsen und für das Fixiren derselben von Belang sind, im Bilde verändert werden, so können begreiflicher Weise leicht Doppelbilder solcher Conturen auftreten, die vorhin im Sammelbilde einfach gesehen wurden, indem die zusammengehörigen Netzhautbilder hierdurch eine andere Lage bekommen, wodurch sie aus den correspondirenden Bezirken herausgerückt werden, und indem alsdann die Macht der Conturen eine mehr oder weniger vollständige mosaikartige Ausfüllung des Sammelbildes bewirkt. — Auch die Synergie des Alternirens kann die binoculare Synergie des Einfachsehens stören. Die Unklarheit, welche durch einander sehr ungleiche Conturen oder Farben im Sammelbilde hervorgebracht wird, macht nämlich die Augenstellung so unruhig, dass es dem Willen schwer oder unmöglich wird, diese Unruhe zu bewältigen, und

diese Unruhe der Augenstellung muss wiederum ein Zerfallen des vorhin einfachen Sammelbildes bewirken. — Es würde aber für meine Auffassung durchaus nichts Auffälliges haben, wenn die Grenzen der empirisch gefundenen Empfindungskreise durch solche Schwankungen der Netzhautfunction, wie sie bei der binocularen Synergie des Alternirens durch Ungleichheit der beiderseitigen Erregungen offenbar vorhanden sind, etwas kleiner würden, als wo solche die Klarheit des Bildes trübende Ungleichheiten nicht vorhanden sind. — Wenn nun durch Unruhe der Augenbewegungen, sei es durch Alterniren des Bildes, sei es durch die Möglichkeit verschiedene Bildtheile alternativ zur Deckung bringen zu können, sei es durch die Anstrengung des Auges bei einer schwierigen Einstellung u. s. w. ein Zerfall des vorhin einfach gesehenen Sammelbildes in Doppelbilder bewirkt wird, so können die Doppelbilder unwillkürlich in einer bestimmten Stellung festgehalten werden, wenn im Bilde Momente gegeben sind, welche eine solche bestimmte Lagerung der Doppelbilder, d. h. mit anderen Worten, eine bestimmte Augenstellung, motiviren, z. B. indem einander entsprechende dominirende Linien bei der neuen Stellung zur Geltung gebracht werden. Unter allen Umständen ergiebt es sich von selbst, dass solche Momente um so leichter ein Zerfallen des bisher einfach gesehenen Sammelbildes in Doppelbilder bewirken können, je näher die eine der Componenten der äusseren Grenze des correspondirenden Empfindungskreises liegt, oder mit anderen Worten, je grösser die Differenz des Abstandes und der Form ist, welche durch die binoculare Synergie des Einfachsehens überwunden werden soll. Ich habe selbst nicht nur ausdrücklich bemerkt, dass die empirisch gefundenen correspondirenden Empfindungskreise verschiedener Individuen einen verschiedenen Durchmesser haben, sondern auch dass an den Grenzen derselben ein Schwanken der Synergie des Einfachsehens stattfindet, so dass das Einfachsehen nur schwierig und momentan gelingt, „indem die Linien des Sammelbildes in einzelnen Augenblicken wohl einfach erscheinen, dann aber wieder ein nebelhaftes Doppelbild, gewöhnlich zwischen den beiden Stri-

chen, bemerkbar wurde." (S. 54.) Es ist daher, um den Einfluss derjenigen Momente, welche ein Zerfallen des einfachen Bildes in ein Doppelbild bewirken können, zu untersuchen, nicht rathsam, sich auf so extreme Abstandsdifferenzen zu beschränken, dass die Doppelbilder zeitweilig von selbst hervortreten, sondern man hat namentlich die geringeren Abstandsdifferenzen auch in Betracht zu ziehen, wo ohne besondere Complicationen niemals Doppelbilder wahrgenommen werden, vorausgesetzt, dass die Augenstellung den Bildern entspricht. — Endlich muss ich noch bemerken, dass es sich, meiner ganzen Darstellung zufolge, von selbst versteht, dass die Macht der Conturen und der den Conturen anliegenden Grundfärbung in complicirten Bildern neben der binocularen Synergie des Einfachsehens zur Geltung kommen kann. Es versteht sich ferner, meiner ganzen Darstellung zufolge, von selbst, dass eine Contur in einem Gesichtsfelde nur mit einer ganz oder annähernd entsprechenden Contur im anderen Gesichtsfelde zum einheitlichen Sammelbilde combinirt werden kann, nicht aber etwa mit zwei oder drei solchen Conturen, und eben so wenig mit einer ganz abweichenden Contur oder mit einem Punkte. Ist ein Punkt oder eine Contur in einem Bilde enthalten, während sich an der entsprechenden Stelle im anderen Bilde nichts Derartiges, sondern nur eine gleichmässige Grundfärbung vorfindet, so kommt im Sammelbilde die Macht der Contur zur Geltung: und es wird jener nur einseitig vorhandene Punkt oder eine solche Contur mosaikartig in das Sammelbild eingetragen. Dieses kann natürlich auch dann geschehen, wenn ein solcher Punkt oder eine solche Contur einer der im Sammelbilde zur Deckung gebrachten Linien noch so nahe liegt, wenn er nur deutlich gesehen werden kann, und wenn an der correspondirenden Stelle des anderen Sehfeldes nur eine gleichmässige Grundfärbung, ohne differente, im Sammelbilde Kreuzung oder Berührung bedingende Conturen, vorhanden ist. Durch das Zusammenwirken der binocularen Synergie des Einfachsehens und der Macht der Conturen wird es möglich, dass das Vermögen der räumlichen Verschmelzung und der räumlichen Sonderung beim Binocularsehen in gewissem Sinne gleich-

zeitig zur Geltung kommen kann, was für das deutliche Sehen mit zwei Augen, wie oben angedeutet wurde, ein nothwendiges Erforderniss und keineswegs, wie Hasner meinte (vgl. oben), ein in sich unlöslicher Widerspruch ist.

Wenden wir uns nach diesen Vorbemerkungen, die sich besonders auf Volkmann's 11 erste Versuche beziehen, zur näheren Untersuchung der von Volkmann angegebenen Experimente, welche seiner Meinung zufolge nur auf psychische Weise erklärt werden können.

Volkmann's Versuch 1 zeigt, dass man im Sammelbilde drei und nicht zwei Linien sieht, wenn in einem Bilde drei, im anderen zwei senkrechte, einander entsprechende Linien so angebracht sind, dass die zwei Linien des einen Gesichtsfeldes mit zwei unter den drei Linien des anderen Gesichtsfeldes zur Deckung gebracht werden, und dass dies selbst dann geschieht, wenn der Abstand der dritten Linie von einer der beiden zur Deckung gebrachten geringer ist, als der Durchmesser eines correspondirenden Empfindungskreises. Dieser Versuch entspricht im Wesentlichen ganz derjengien Erscheinung, welche die stereoskopische Betrachtung des von mir in Fig. 54 angegebenen Objects ergiebt, wobei ein Kreis des einen Gesichtsfeldes mit zwei etwa $1^1/_2$ Mm. von einander entfernten, ähnlichen Kreisen des anderen Gesichtsfeldes combinirt, im Sammelbilde zwei Kreise, nicht einen Kreis erkennen lässt. Ich leite das Auftreten der dritten Linie Volkmann's und des zweiten Kreises in meinem Versuche von der Macht der Contur ab, der zufolge dieselbe mosaikartig in das Sammelbild eingetragen wird.

Volkmann's Versuch 4 zeigt, dass ein Punkt mit kleinen Kreisen, Quadraten, Dreiecken u. s. w., deren grösste Ausdehnung nicht mehr als 1 Mm. beträgt, bei günstiger Augenstellung so combinirt werden kann, dass er frei schwebend in der Mitte der Figur gesehen wird. Dieser Versuch erinnert lebhaft an manche der von mir angegebenen, namentlich z. B. an den auf S. 42 angegebenen Versuch, wo die Buchstaben



combinirt werden. Ich habe diese Erscheinung dadurch erklärt, dass die Conturen sich überall viel stärker geltend machen, als eine gleichmässige Grundfärbung, und dass sie demzufolge mosaikartig in das Sammelbild eingetragen werden. Dass dies auch dann erfolgt, wenn sie einer der zur binocularen Deckung gebrachten Linie oder einer vom anderen Auge allein gesehenen Contur sehr nahe liegt, würde nur dann etwas Auffallendes haben, wenn sämmtliche Punkte des correspon-

direnden Empfindungskreises ein solidarisch verbundenes und in jeder Beziehung identisch empfindendes Ganze ausmachten, in welchem, gleichzeitig mit dem correspondirenden Punkte a im anderen Auge, nur ein einzelner, nicht aber mehrere empfindende Punkte wirksam erregt werden könnten — eine Meinung, die mir vollständig fremd und nur von Volkmann aufgestellt ist, um sie, wie mir scheint, ganz unnöthiger Weise, experimentell zu widerlegen.

Bei Volkmann's drittem Versuche werden dem linken Auge drei senkrechte Linien a, b und c so dargeboten, dass a und b 2 Mm., b und c 5 Mm. von einander entfernt sind, während dem rechten Auge drei gleiche senkrechte Linien, d, e und f, so dargeboten werden, dass die Entfernung zwischen d und e 5 Mm., zwischen e und f 2 Mm. beträgt. Dieses Object erinnert lebhaft an dasjenige, das ich in meiner Schrift als Fig. 35 habe abdrucken lassen, nur mit dem Unterschiede, dass ich jederseits vier Linien angebracht habe, deren gegenseitige Abstandsdifferenz jedoch nur reichlich 1 Mm., anstatt in Volkmann's Objecte 3 Mm. beträgt. Beschränkt man die Abstandsdifferenz auch in Volkmann's Objecte auf reichlich 1 Mm., so erkennt man im Sammelbilde auch nur drei Linien, nach der Dimension der Tiefe geordnet, ebenso wie bei meinem Objecte vier Linien im Sammelbilde erscheinen. Vergrössert man die Abstandsdifferenzen bei gleichbleibender Augenstellung, so müssen natürlich Doppelbilder entstehen, und zwar zerfällt in Volkmann's Falle die eine mittlere Linie, in meinem Falle zerfallen die beiden mittleren Linien in ihre Componenten, indem dieselben nunmehr ausserhalb der correspondirenden Empfindungskreise fallen, und durch die Macht der Conturen mosaikartig in das Sammelbild eingetragen werden. Soweit entsprechen diese Fälle also so ziemlich den vorhergehenden. Volkmann giebt nun aber an, dass er die Linien a b und d e trotz ihrer Abstandsdifferenz von etwa 3 Mm. zum einheitlichen Bilde combiniren kann, während Doppelbilder auftreten, wenn die Linien c und f auch sichtbar sind. Er meint daher, dass die Linien c und f die Einheit des Bildes stören, und erklärt dies so, dass die Aufmerksamkeit für

die Abstandsdifferenz durch dieselben „aus ihrem Schlafe gerüttelt werde". Bezüglich dieser Angabe ist jedoch erstens zu bemerken, dass die Abstandsdifferenz von 3 Mm. eine so bedeutende ist, dass die grosse Mehrzahl der Beobachter bei derselben immer Doppelbilder erkennt. Da Volkmann sich so ausspricht, als hätte ich dieses Maass angegeben, muss ich mir erlauben, die betreffende Stelle aus meiner Schrift wörtlich zu citiren. Es heisst S. 54: „Bei Anwendung gewöhnlicher Linsenstereoskope finde ich nun, dass zwei Doppellinien, deren Abstände um 1 Mm. von einander differiren, leicht und unfehlbar im gemeinschaftlichen Gesichtsfelde beim binocularen Sehen mit einander verschmelzen. Beträgt der Unterschied der Abstände 2 Mm., so ist das Verschmelzen auch noch vollkommen möglich; bei einer Differenz von 3 Mm. sehe ich aber schon immer Doppelbilder. Professor Karsten gelang ein vollständiges Verschmelzen noch bei dieser Differenz der Abstände, bei einem Unterschiede von 4 Mm. aber treten die Doppelbilder entschieden auf." [1]) Indem ich dann die Versuche mit dem von mir angegebenen Apparate ohne Linsen übergehe, bei welchen der Abstand des Objects vom Kreuzungsmittelpunkte eines jeden Auges 460 Mm. betrug, heisst es ferner: „Ich konnte bei Anwendung dieses Apparates zwei jederseits befindliche Linienpaare, deren Abstände um 2 Mm. von einander differirten, leicht ohne Nebenbilder im gemeinschaftlichen Gesichtsfelde vereinigen; wenn der Unterschied der Abstände der Linien 3 Mm. betrug, gelang dies nur schwierig und momentan, indem die Linien des Sammelbildes in einzelnen Augenblicken wohl einfach erschienen, dann aber wieder ein nebelhaftes Doppelbild, gewöhnlich zwischen den beiden Strichen, bemerkbar wurde" u. s. w. Die von Volkmann in seinem Versuche angewandte Abstandsdifferenz liegt also wenigstens an der alleräussersten Grenze der Empfindungskreise, für die meisten Augen fällt sie schon ganz ausserhalb derselben auf entschieden nicht

---

1) Die gegenseitige Entfernung des rechten und linken Bildes betrug bei diesen Versuchen 6—7 Centimeter.

correspondirende Netzhautstellen. Sofern also die störende Wirkung der Linien c und f überhaupt wirklich in Betracht kommt, so betrifft sie nur die äussersten Grenzen der correspondirenden Empfindungskreise, an welchen das Einfachsehen so unsicher ist, dass die Doppelbilder durch die geringsten Veranlassungen oder selbst spontan ab und zu sichtbar werden. Ich glaube es aber in Abrede stellen zu dürfen, dass die Linien c und f immer die angegebene störende Wirkung äussern, und bin der Meinung, dass die Veränderungen der Augenstellung, welche durch das Auftreten oder Verschwinden der Linien c und f unwillkürlich veranlasst werden, in diesem Versuche Ursache des Auftretens oder respective des Verschwindens der Doppelbilder an den äussersten Grenzbezirken der correspondirenden Empfindungskreise sind. Hier ist es nämlich keineswegs gleichgültig, ob die einander näher liegenden Linien c und f, oder die von einander entfernteren Linien b und e fixirt werden. Wenn Letzteres der Fall war, während e und f bedeckt waren, und dabei wenigstens augenblicklich ein einfaches Sammelbild mit drei Linien vorhanden war, so wird das plötzliche Erscheinen der Linien c und f in der Regel eine Augenbewegung veranlassen, wodurch sie fixirt werden, und bei einer solchen Augenbewegung zerfällt die vorhin fixirte Linie e f in ihre Componenten, sie wird aber wieder einfach, wenn beim Verschwinden der Linien c und f wiederum die Linien b und e fixirt werden. Das Erscheinen der Linien e und f oder das Verschwinden derselben hat dem entsprechend auch nicht die von Volkmann angegebene Wirkung, wenn man unausgesetzt die Linien a und d fixirt, und diese Augenstellung trotz aller Veränderungen im Bilde consequent behauptet, was allerdings eine ziemlich bedeutende Uebung voraussetzt. — Von dem Einflusse der Augenstellung auf die Grenzen, innerhalb deren das Einfachsehen noch möglich ist (oder auf die empirisch gefundenen Durchmesser der correspondirenden Empfindungskreise), kann man sich besonders durch Objecte mit verschiebbaren Linien überzeugen, wie ich sie für die Bestimmung der natürlichen Augenstellung

(S. 20) in Anwendung gebracht habe (Vgl. unten S. 168—173). Das Zerfallen der vorhin nur mit Mühe und etwas zweifelhaft einfach gesehenen Linie in ein Doppelbild und das Einfachsehen einer vorhin als Doppelbild gesehenen Linie erklärt sich somit durch die Veränderungen der Augenstellung, welche durch Veränderungen im Bilde meist ganz unwillkürlich hervorgerufen werden. Dass die Aufmerksamkeit hierbei irgend eine Rolle spielen sollte, erscheint mir als eine ganz willkürliche und durch die Erscheinungen nicht motivirte Annahme. Es würde übrigens offenbar meine ganze Auffassung durchaus nicht alteriren, wenn es sich durch andere Versuche ergeben sollte, dass es möglich wäre durch Uebung und Aufmerksamkeit auf die Doppelbilder den empirisch gefundenen Umfang seiner correspondirenden Empfindungskreise etwas zu vermindern; meine Aufstellung der correspondirenden Empfindungskreise und meine Erklärung des Einfachsehens bei Erregung anderer beiderseitiger Netzhautpunkte als eben der Mittelpunkte der correspondirenden Empfindungskreise durch eine unmittelbare Sinnesempfindung (die binoculare Synergie des Einfachsehens) würde offenbar nur dann ernstlich gefährdet sein, wenn es sich nachweisen liesse, dass die Aufmerksamkeit allein im Stande wäre, die correspondirenden Empfindungskreise auf wirkliche Punkte zurückzuführen, oder ihren Umfang auf Null zu reduciren, das hat aber Volkmann selbst als unmöglich erkannt. — In diesem Versuche ist dies aber so wenig der Fall, dass ich mich vergebens bemüht habe, irgend einen Unterschied in der Grösse der Empfindungskreise bei Anwendung einfacher Doppellinien in den beiden Sehfeldern und bei Anwendung eben solcher Doppellinien neben anderen, einander in beiden Sehfeldern so weit entsprechenden Conturen, dass sie zur binocularen Deckung im Sammelbilde gebracht werden können.[1]) Hierbei ist freilich vor-

1) Wenn ein Unterschied der Durchmesser der correspondirenden Empfindungskreise in einfachen und in complicirten Objecten wirklich in der Weise vorhanden wäre, dass dieselben im ersteren Falle grösser gefunden würden, so würde man zunächst veranlasst werden zu fragen, ob nicht bei den einfachen Bildern der in den Abständen der

auszusetzen, dass nicht Veränderungen im Bilde während der Beobachtung die Augen zur Bewegung verleiten, durch welche die objective Lage der Netzhautbilder verändert wird. Alsdann hat die Veränderung der Erscheinung aber offenbar zunächst eine sinnliche und nicht eine psychische Ursache, wenn auch eine psychische Erregung an der Veränderung der Augenstellung Antheil gehabt haben mag.

Bezüglich dieses dritten Versuches muss ich noch bemerken, dass Volkmann ihn zunächst nur gegen jene widersinnige, mir untergeschobene Hypothese von der solidarischen Verpflichtung sämmtlicher in einem correspondirenden Empfindungskreise liegenden empfindenden Punkte, mit einem bestimmten empfindenden Punkte im anderen Auge identisch zu empfinden, gerichtet ist.

Volkmann's Versuch 4 zeigt, dass ein jederseits zwischen zwei einander entsprechenden aber verschieden weit von einander befindlichen Senkrechten angebrachter horizontaler Strich, der die beiden Senkrechten jederseits mit einander verbindet, die Einheit des Sammelbildes nicht stört (Fig. 4), während ein eben solcher Querstrich die Einheit des Bildes wesentlich beeinträchtigt, wenn er links und rechts in verschiedener Höhe angebracht ist (Fig. 5). Abgesehen davon, dass die Abstandsdifferenz der Doppellinien l und r in Volkmann's Figur 5 durch einen Zeichenfehler merklich grösser ist, als in Fig. 4, ergiebt sich aus einer näheren Untersuchung der von Volkmann eingeführten Complication Folgendes: Wenn die horizontalen Abstandsdifferenzen, wie in Volkmann's Objecte, recht ansehnlich sind ($2^1/_2$ Mm. in Fig. 5, 2 Mm. in Fig. 4), so werden bei der von Volkmann verzeichneten Stellung der Horizontalen zu einander allerdings in der Regel Doppelbilder sichtbar, obgleich in einzelnen Augenblicken die Verschmelzung gelingt (vgl. meine Schrift S. 54). Das mit Doppelbildern behaftete Sammelbild erscheint aber keineswegs im-

---

beiderseitigen Linien im äusseren Bilde beobachtete Unterschied durch ungleiche Accommodationsveränderungen beider Augen in den Netzhautbildern verhältnissmässig geringer werden könnte, was natürlich bei complicirten Bildern unmöglich ist (Vgl. oben S. 15).

mer in der von Volkmann angegebenen Weise, so dass die links gelegenen Senkrechten der beiden Bilder combinirt werden, sondern es können auch die rechts gelegenen Senkrechten beider Bilder zur Deckung kommen, oder die rechts gelegenen des einen mit der links gelegenen des anderen, oder es erscheinen alle vier senkrechte Linien im Sammelbilde und bemerkenswerther Weise oft in schräger Stellung zu einander. In der Regel wechseln alle diese verschiedenen Phasen des Sammelbildes und es ist besonders von der Entfernung des rechten und linken Sammelbildes von einander abhängig, ob die eine oder die andere Phase bei längerer Betrachtung bleibend sichtbar wird. Macht man den senkrechten Abstand der Horizontalen grösser, so kann man bei mässigen Abstandsdifferenzen der Senkrechten (von 1—1½ Mm.) nur zwei senkrechte Linien im Sammelbilde erkennen. Das einheitliche Bild wird besonders auch durch eine grössere Länge der senkrechten Linien wesentlich befördert, die Doppelbilder treten dahingegen bei kurzen Linien, wie Volkmann sie gewählt hat, leichter auf. Es gelingt ferner die einheitliche Verschmelzung leicht, wenn man die Unterschiede der Horizontalen um so viel geringer macht, dass auch sie zu einer einfachen Linie im Sammelbilde verschmelzen können, was noch immerhin bei einer Abstandsdifferenz von reichlich 1 Mm. vollkommen möglich ist. Bei einer senkrechten 2 Mm. grossen Abstandsdifferenz der Horizontalen und einer gleichen Abstandsdifferenz der Senkrechten gelingt die totale Verschmelzung der Senkrechten schwierig, die der Horizontalen gar nicht, aber bei geringeren (horizontalen) Abstandsdifferenzen der Senkrechten gelingt doch ihre einheitliche Combination bleibend, indem man eine vordere und eine hintere senkrechte Linie sieht, welche durch zwei horizontale Querstriche verbunden sind; die Combination gelingt auch hier leichter bei Anwendung langer als kurzer senkrechter Linien. Diese von Volkmann nicht beachteten oder wenigstens nicht besprochenen Verhältnisse weisen nun, wie mir scheint, unzweifelhaft darauf hin, dass die Unruhe der Augenbewegungen, welche durch Einführung der beiderseitigen, in ungleicher Höhe gelegenen Horizontalen hervorge-

rufen wird, einen sehr wesentlichen Einfluss auf das Zerfallen des Sammelbildes der senkrechten Linien hat. Dieser Einfluss macht sich um so stärker geltend, je kürzer die senkrechten Linien sind, weil dadurch ihre dominirende Wirkung auf die Augenstellung geringer wird. Eine solche Unruhe der Augenstellung macht sich überall bemerkbar, wenn solche Ungleichheiten in den Einzelbildern vorhanden sind, dass sie im Sammelbilde zur Wahrnehmung kommen. Dies ist besonders dann der Fall, wenn die Ungleichheit, wie im vorliegenden Beispiele, derartig ist, dass sie gleichsam auffordert zu versuchen, ob nicht die durch die Ungleichheit der Einzelbilder bedingte Unklarheit im Sammelbilde durch eine andere Augenstellung gehoben werden könnte? Dieses würde hier freilich nur unvollkommen, aber beim Fixiren der Querlinien doch einigermaassen dadurch erreicht werden können, dass der eine Bulbus etwas nach oben, der andere etwas nach unten rotirt würde. Die Aufforderung diesen Versuch zu machen, ist bei grossen Abstandsdifferenzen der Querstriche kaum vorhanden, bei so geringen Abstandsdifferenzen, dass die beiden Querlinien, trotz ihrer ungleichen Lage, doch noch mit einander zum einfachen Bilde combinirt werden können, ist sie auch nicht merklich, sie ist aber besonders stark, wenn der senkrechte Abstand der Querlinien nur gering, aber doch zu gross ist, um durch die binoculare Synergie des Einfachsehens gehoben zu werden. Diese Combinationsbewegung der Augen ist freilich nicht unmöglich, sie ist aber sehr schwierig; sie müsste durch ein ganz ungewohntes und beiderseits ungleiches Zusammenwirken der Mm. recti sup. und inf. und der Mm. obliq. sup. und inf. ausgeführt werden. Hieraus würde die schiefe Stellung, welche die senkrechten Doppellinien so oft im Sammelbilde zu einander einnehmen, ihre Erklärung finden. Es wird in diesem Falle das Fixiren aber auch noch dadurch erschwert, dass die Stellen, wo die horizontalen und die senkrechten Linien einander schneiden, zufolge der Macht der Conturen, den Blick stärker auf sich ziehen, als die übrigen einander entsprechenden Punkte der gegenseitigen Senkrechten; bei einer solchen Augenstellung, die hierdurch indicirt

wird, fallen aber die anderen Bildtheile zum grossen Theil auf solche Netzhautpartieen, welche nicht zu einander in der Beziehung correspondirender Empfindungskreise stehen. Dass die Schwierigkeit, den geeigneten Fixationspunkt zu finden und vollkommen zu fixiren, den wesentlichsten Antheil an der Störung des Einfachsehens der Senkrechten in diesem Falle hat, lässt sich dadurch beweisen, dass man die Einfachheit der Senkrechten im Sammelbilde (bei mässigen Abstandsdifferenzen) wieder herstellen kann, indem man in gleicher Höhe an, neben oder zwischen den Senkrechten (also in verschiedener Lage zu den Querstrichen) beiderseits einen Punkt oder ein kleines Kreuz anbringt, das man fest fixirt.

Die oben besprochene Unruhe der Augenstellung wird übrigens auch dann bemerkt, wenn irgend welche Unklarheit im Sammelbilde vorhanden ist, auch dann, wenn sie, wie bei einander kreuzenden oder berührenden ganz ungleichartigen Conturen, nicht durch eine richtige und bestimmte Augenstellung gehoben werden könnte. Bei derselben kommt endlich das Auge zeitweilig in der einen oder anderen Stellung zur Ruhe, und bei Gegenwart dominirender Linien im Bilde werden diese für die Augenstellung massgebend, wenn die Augenstellung bei ihrer Fixation nicht allzu unbequem ist. — Es bleibt noch eine offene Frage, ob nicht einerseits die objective Stärke, und andererseits die Ungleichheit der Erregung der beiden Netzhäute, welche sowohl bei ungleicher Deutlichkeit der beiderseitigen Bilder, als durch Alterniren der einander im Sammelbilde kreuzenden und berührenden Conturen vorhanden ist, nicht einen merklichen Einfluss auf die Grösse der jedesmaligen individuellen empirisch gefundenen correspondirenden Empfindungskreise hat? Dieses würde aber, wie bereits bemerkt, für mich nichts Auffallendes haben, da ich, wie oben angeführt, ein zeitweiliges Schwanken der Grösse der empirisch gefundenen correspondirenden Empfindungskreise schon anerkannt hatte, bevor Volkmann dasselbe betont hatte. Es ist hiernach wohl klar, dass es keinesweges, wie Volkmann behauptet, „offenbar“ ist, dass die Senkrechten nicht verschmelzen, „weil die Seele, wenn sie der Un-

gleichheit der Längen der Querstriche ihre Aufmerksamkeit zuwendet, nun auch die Begrenzung derselben durch ungleich distante Senkrechte mit wahrnimmt“, und es ist sehr übereilt, daraus, wie Volkmann es thut, zu schliessen: „Es ist also das Einfachsehen der Senkrechten in den beiden ersten Fällen nur einem Mangel an Aufmerksamkeit zuzuschreiben.“

Volkmann's Versuch 5 ist nur eine ganz unwesentliche Modification seines Versuchs 3. Es soll nämlich die Abstandsdifferenz zweier senkrechten Linien in beiden Gesichtsfeldern etwas weniger als 3 Mm. betragen; Volkmann sieht dann ein einfaches Sammelbild, wenn aber z. B. beiderseits links eine gleiche Anzahl gleicher und gleichweit von einander entfernter Linien sichtbar werden, soll es nicht gelingen, die am weitesten rechts gelegene Linie des Sammelbildes einfach zu sehen. Es kommen hier meines Erachtens ganz die beim dritten Versuche angeführten Momente in Betracht. Bei Beschränkung der Abstandsdifferenz auf $1^1/_2$—2 Mm. gelingt das Einfachsehen der rechts gelegenen Linie mir vollkommen, trotz der Gegenwart der anderen Senkrechten und bei der Abstandsdifferenz von 3 Mm., die in Volkmann's Objecte in der That angewandt ist, kann ich die beiderseitig rechts gelegenen Doppellinien, auch wenn sie allein sind, nicht combiniren. Die grössere Auswahl der möglichen Augenstellungen und die Veränderung der Fixationspunkte bei plötzlichen Veränderungen im Bilde erklärt es leicht, dass das Einfachsehen gestört wird, wenn das Einfachsehen von vorn herein dadurch unsicher gemacht ist, dass die Bilder an die alleräussersten Grenzen der correspondirenden Empfindungskreise oder vielleicht schon etwas jenseits derselben fallen.

Volkmann's Versuch 6 ist im Wesentlichen gleichbedeutend mit seinen Versuchen 1 und 2. Dass die Punkte a und b, von denen jener links, dieser rechts von einer durch Einstellung der Augenachsen zur Deckung gebrachten Senkrechten liegen, nicht verschmelzen können, das verbietet die Macht der Conturen. Die Punkte c und d, welche beide rechts an der Senkrechten oder unter etwas verschiedenen Breitegraden in den concentrischen Kreisen liegen, verschmelzen in der That

im Sammelbilde zu einem einfachen Punkte, wenn die Abstandsdifferenz, namentlich in senkrechter Richtung, nicht zu gross ist. Ich muss Volkmann's Behauptung, „dass durch die Erregung identischer Netzhautpunkte das Verschmelzen von Bildern, welche auf differente Punkte fallen, verhindert wird", entschieden in Abrede stellen, wenn es sich um mässige Abstandsdifferenzen handelt, und wenn man den von mir schon angeführten und von Volkmann bestätigten Umstand berücksichtigt, dass die Durchmesser der correspondirenden Empfindungskreise von oben nach unten merklich kleiner sind, als von rechts nach links. Es ist mir unbegreiflich, wie Volkmann dazu kommt, zu behaupten, „dass die den beiden Augen unter den gewöhnlichen Verhältnissen der stereoskopischen Versuche gebotenen Bilder nur differente Punkte erregen" und „dass die Seele dann diesen Unterschied übersieht", während sie denselben, wenn nicht blos differente, sondern auch identische Punkte erregt werden, des Gegensatzes wegen wahrnimmt." Nur differente Punkte werden nur bei solchen stereoskopischen Bildern erregt, wie ich sie in meiner Schrift, Fig. 3 gezeichnet habe, bei gewöhnlichen stereoskopischen Bildern, ja schon in solchen, wie in meiner Fig. 10, werden doch immer sowohl „identische" als auch „differente" Punkte erregt.

In Volkmann's Versuch 7 werden zwei ungleich lange Doppellinien jederseits angebracht, deren Abstand linkerseits 5 Mm., rechterseits 7,5 Mm. beträgt. Sucht man diese ungleichen Linien zu combiniren, so sieht man (in der Regel) kein einfaches Sammelbild, sondern meistens drei Linien, oder vorübergehend vier. Dies erklärt sich meines Erachtens folgendermaassen: Die Macht der den Enden der kurzen Linien anliegenden Grundfärbung bringt eine Continuitätsstörung und Unklarheit im Sammelbilde hervor. Diese Unklarheit im Sammelbilde, welche von einer solchen Ungleichheit der Conturen und Färbungen der beiderseitigen Bilder herrührt, dass die Synergie des Einfachsehens sie nicht zu heben vermag, macht die Augenstellung so unruhig, dass es dem Willen schwer oder unmöglich wird, vollkommen zu fixiren, und es muss schon in

Folge dieser Unruhe der Augenstellung das Sammelbild leicht zerfallen. Dies geschieht besonders dann, wenn man denjenigen Theil des Sammelbildes betrachtet, wo nur einerseits Doppelbilder vorhanden sind, weil hier dem einen Auge ein jeder Anhaltspunkt für die richtige Einstellung fehlt. Von dem Einflusse dieses Umstandes kann man sich dadurch überzeugen, dass es, wenigstens bei mässigen Abstandsdifferenzen und bei hinlänglicher Uebung im Fixiren, gelingt, die Einheit des Sammelbildes, auch bei der genannten Anordnung, zu bewahren, wenn man beiderseits an entsprechenden Stellen der Gesichtsfelder z. B. ein kleines Kreuz anbringt, das man unverändert fixirt. Dieser Versuch erfordert aber viel Uebung, schon weil es überall schwer ist, die Einstellung der Augen auf den Bildtheil, dem man die Aufmerksamkeit besonders zuwendet, zu verhindern, noch mehr aber hier, wo die Synergie des Alternirens, unabhängig vom Willen und von der Aufmerksamkeit, bald die eine, bald die andere Componente hervortreten lässt. Bei senkrechten Linien von grösserer Länge gelingt das Fixiren besser als bei kürzeren senkrechten oder schrägen Linien, weil erstere die Augenstellung stärker dominiren. Ausser dem Einflusse des Fixirens könnte bei diesem Versuche indess vielleicht auch noch das durch die Ungleichheit der Componenten hervorgerufene Schwanken der Netzhautfunction an sich das Einfachsehen in ähnlicher, mehr directer Weise beeinträchtigen, wie die Empfindung der binocularen Parallaxe durch Ungleichheit der zur Deckung kommenden Conturen beeinträchtigt wird. Es ist somit doch keinesweges, wie Volkmann meint, „offenbar", dass die Einheit der Bilder hier nur dadurch gestört wird, „dass hier die Hinzufügung neuer Unterschiede zu den schon vorhandenen die Aufmerksamkeit aus ihrem Schlafe rüttelt" (sic!).

In Volkmann's Versuch 8 sind im linken Bilde zwei gleiche senkrechte Reihen von Punkten verzeichnet, im rechten Bilde ist eine eben solche Reihe vorhanden, in der zweiten Reihe stehen aber die Punkte nicht senkrecht unter einander, sondern sind den Punkten der ersten Reihe theils mehr, theils weniger genähert. Volkmann konnte die beiderseitigen Punkte

der zweiten Reihe des linken und des rechten Bildes nicht gleichzeitig zur Deckung bringen, sondern sieht in der Richtung mehrerer Horizontalen deutlich drei Punkte, die sich sofort in zwei zusammenzogen, wenn er sie scharf fixirte. Erfolgte diese Verschmelzung, welche für Volkmann mit einem Gefühle von Anstrengung verbunden war, so wurden die Doppelbilder der benachbarten Horizontalen um so auffälliger. Volkmann findet, dass dieser Versuch die Augen in hohem Grade ermüdet und fast schmerzhaft ist, wohingegen die Vereinigung zweier ungleich distanter Doppelpunkte gar nicht anstrengend ist und sogar ohne Mitwirkung des Willens erfolgt. Bei diesem Versuche muss ich zunächst bemerken, dass ich sämmtliche Punkte der zweiten Reihe im Sammelbilde einfach, ohne Doppelbilder sehe, wenn die seitlichen Abstandsdifferenzen mässig sind, d. h. für mich, wenn sie nicht über 2 Mm. hinausgehen; ich finde den Versuch auch nicht ermüdend, indem er eigentlich ganz gleich ist dem Dove'schen Versuch zur Erkennung falscher Banknoten. Es ist aber allerdings gewiss, dass es bei einer Vielheit solcher einander gleicher Punkte schwieriger ist, ohne Hülfe dominirender Linien die rechte Augenstellung zu finden, als wenn nur zwei oder je zwei Punkte combinirt werden, weil die Schwierigkeit richtig zu fixiren im ersteren Falle grösser ist; hierin liegt meines Erachtens die ganze Schwierigkeit, und nicht in den von Volkmann als „offenbar" hingestellten psychischen Verhältnissen. Volkmann meint nämlich, „dass die Seele hier gar keinen Anlass hat, die von differenten Netzhautpunkten ausgehenden Impressionen zu verschmelzen, indem die Verschmelzung ihrem Drange, in dem Gesehenen schon Bekanntes wiederzufinden, nicht Genüge leisten würde." Es ist doch schwer einzusehen, wie diesem „Drange der Seele" dann mehr oder weniger Genüge geschieht, wenn je zwei ungleich weit von einander entfernte Punkte oder Linien zu einem Sammelbilde combinirt werden, in welchem der eine Punkt oder die eine Linie schräg vor dem oder der anderen erscheint, als wenn, wie hier, mehrere Punkte bezüglich der dritten Dimension verschieden geordnet erscheinen. Dass ferner „die in drei senkrechten Reihen dis-

ponirten Punkte die Seele veranlassen, alle Punkte in solcher Richtung zu suchen, wodurch sie auf das Abweichen der vierten Punktreihe von der Senkrechten mit Nachdruck hingewiesen wird,“ muss ich in Abrede stellen, da ich bei mässigen seitlichen Abstandsdifferenzen, ja selbst bei dem ziemlich ansehnlichen in Volkmann's Objecte, die Punkte rechts einfach, aber nicht in senkrechter Reihe geordnet, sehe. Ich glaube, dass dies auch Volkmann gelingen wird, wenn er zwei zusammengehörige Punkte z. B. durch ein kleines Kreuz markirt, oder sonst eine geeignete Fixationsmarke in den beiderseitigen Bildern anbringt.

In Volkmann's ziemlich complicirtem neunten Versuch werden jederseits zwei Nadeln in etwas verschiedener Entfernung von einander in der Weise mit drei entfernteren Linien zur Deckung gebracht, dass die eine der letzteren durch zwei combinirte Nadelbilder, ein linkes und ein rechtes, gedeckt wird, während die beiden anderen Linien je durch eine der anderen im Sammelbilde ebenfalls combinirten Nadeln bedeckt wird. Man soll dann zwei Nadeln aber drei Linien im Sammelbilde sehen. Da Volkmann auf eine specielle Erklärung dieser merkwürdigen Erscheinung verzichtet und sich begnügt „anzudeuten“, dass auch hier die Verschiedenheit der Erscheinung unter psychischen Einflüssen zu Stande kommt, so darf ich hier wohl von diesem Versuche absehen, den zu constatiren ich mich vergebens bemüht habe, und erlaube mir nur zu fragen, ob nicht die ungleiche Accommodation für die nahen Nadeln und die fernen Linien die Erscheinung Volkmann's bedingt haben könnte? ob nicht ferner das Fixiren unter diesen Verhältnissen sehr erschwert wird? und ob nicht die einander deckenden, aber doch ungleichen Conturen der Nadeln und der Linien vielleicht an der Störung des einfachen Bildes Antheil gehabt haben könnten?

Volkmann's Versuch 10 zeigt, dass zwei beiderseitig senkrechte Linien, deren Abstandsdifferenz 2,5 Mm. beträgt, nicht beide einfach gesehen werden können, wenn man, vom Mittelpunkte der beiden links gelegenen Senkrechten aus, beiderseits concentrische Kreise zieht, so dass die beiderseits rechts gele-

gene Linie in nicht entsprechenden Punkten von den Kreisen geschnitten werden, und dies erscheint Volkmann merkwürdig, weil dieselben Doppellinien ohne Gegenwart der concentrischen Kreise einfach gesehen werden können. Hierbei ist in Betracht zu ziehen, dass die Abstände der durch die Kreuzung und überdies durch starke Punkte als zusammengehörig bezeichneten Stellen in der rechts und links gelegenen Senkrechten das Maass der Empfindungskreise überschreite. Während der Abstand der Senkrechten von einander im Verhältniss der Sinus wächst, wächst nämlich der Abstand der markirten Punkte im Verhältniss der Bögen. Es wird den Augen durch diese Figur zugemuthet, nicht die wirklich zusammengehörigen Punkte der beiderseitigen Senkrechten zur Deckung zu bringen, was, obgleich nur schwierig, noch gelingen könnte, sondern es wird verlangt, ganz verschiedenartige, durch die Kreuzung und die Punkte fälschlicher Weise als zusammengehörig bezeichnete Punkte der beiden Senkrechten zu combiniren, was bei der Abstandsdifferenz unmöglich ist. Bei der grossen Verschiedenheit der beiderseitigen Bilder und bei der Unmöglichkeit, sie durch irgend eine Einstellung der Augen sämmtlich innerhalb correspondirender Empfindungskreise zu bringen, werden solche Bildtheile fixirt, welche beiderseits identisch sind und die beiden nicht mit einander übereinstimmenden Linien werden durch die Macht der Conturen mosaikartig in das Sammelbild eingetragen. Dass in diesem Versuche ein Doppelbild der rechts gelegenen Senkrechten nur dadurch entsteht, dass das Maass der correspondirenden Empfindungskreise überschritten ist, geht daraus hervor, dass Jedermann dasselbe Bild vollkommen einfach sieht, wenn man die horizontale Abstandsdifferenz der beiden Senkrechten geringer macht, etwa 1—1½—2 Mm. — Es ist mir ganz unverständlich, wenn Volkmann bezüglich dieses Versuches sagt, dass bei stereoskopischer Betrachtung der rechts gelegenen Senkrechten dieselben Punkte verschmelzen, welche im System der concentrischen Kreise, als bezüglich der Polarkreise identisch gelegen, bezüglich der Meridiane aber als different, eine Duplicität der Raumanschauung erfordern und als unver-

einbar auseinander gehalten werden. Bei der Combination zweier einfachen Senkrechten werden nämlich doch nicht solche Punkte combinirt, welche in verschiedener, sondern welche in gleicher Höhe liegen. Es ist mir daher auch Volkmann's Schlussfolgerung hieraus unverständlich, dass deshalb „jenes Verschmelzen nur auf Rechnung der Seele kommen kann, welche Reize, die ihr in Folge der Nervenleitung als verschieden zufliessen, zu identischen Raumanschauungen ausprägt."

In seinem elften Versuche notirt Volkmann auf einer durchgehenden feinen Horizontalen links zwei Punkte a b, 4 Mm. von einander entfernt, und rechts zwei andere, c d, 4,75 Mm. von einander entfernt. Unter dem Stereoskope decken sich diese Punkte so, dass sie als zwei erscheinen. Darauf zieht er durch sämmtliche Punkte kleine schräge Linien. Die beiden durch a und c gezogenen Linien weichen nach entgegengesetzten Seiten etwa um 2°, die durch b und d gezogenen aber ungefähr um 45° von einer imaginären Senkrechten ab. Im Sammelbilde sieht Volkmann nun die durch a und c gezogene Linie einfach, die durch b und d gezogenen kreuzen sich aber oberhalb der Horizontalen. Dies Bild kann man bei gewisser Augenstellung sehen, dann nämlich, wenn man die Augen so rotirt, dass die schrägen Linien a und c nahezu auf die Mittelpunkte der betreffenden correspondirenden Netzhautstellen fallen. Alsdann bildet auch, was Volkmann übersehen zu haben scheint, die Horizontale des rechten Feldes einen stumpfen Winkel mit der des linken Feldes. Wenn man aber im Fixiren geübt ist, oder demselben durch Fixationszeichen zu Hülfe kommt, so kann man noch manche andere Sammelbilder erhalten, z. B. man kann den früheren Fixationspunkt in der Horizontalen festhalten und sieht dann zwei Kreuze, etwa wie in Volkmann's idealem Sammelbilde s′, oder man kann die oberen Enden der schrägen Linien a und c, oder der Linien b und d, oder die unteren Enden der einen oder der anderen fixiren und in jedem dieser Fälle bekommt man ein ganz anderes Sammelbild, jedesmal bestimmt durch die mosaikartige Eintragung der verschiedenen Conturen in das Sammelbild, kraft der Macht der Conturen. Nur durch

ihre Vermittelung vermag die Seele bei der Volkmann'schen Combination die differenten Netzhautpunkte b und d zu unterscheiden, nicht „weil sie von x aus eine nachdrückliche Mahnung erhält, es mit dem Betrachten genauer zu machen, als in dem Falle, wo sie (NB. bei anderer Augenstellung. P.) beide Punkte identificirte.“ Es ist aber ein gänzliches Missverständniss, wenn Volkmann meint, dass meine correspondirenden Empfindungskreise hier nahezu auf 0 d. h. auf 0,75 Mm. reducirt seien, denn meine correspondirenden Empfindungskreise kommen nur für solche Conturen in Betracht, die einander so ähnlich sind, dass sie innerhalb der durch die correspondirenden Empfindungskreise gesetzten Grenzen zur binocularen Deckung gebracht werden können; für ganz heterogene Conturen kommen sie gar nicht in Betracht, sondern für sie kommt die Macht der Conturen zur Geltung.

Volkmann hat somit in seinen 11 ersten Versuchen Nichts vorgebracht, das irgend einen Beweis dafür enthielte, dass diejenige Function, die ich als binoculare Synergie des Einfachsehens auf die unmittelbare Sinnesempfindung zurückgeführt habe, von psychischen Ursachen, vom Spiele der Aufmerksamkeit und der Phantasie abhängen sollte. Diejenigen Veränderungen und Complicationen der Bilder, die nach Volkmann's Meinung beziehungsweise zum Organismus zufällig und rein psychische Factoren sein sollten, sind, wie ich glaube im Vorstehenden nachgewiesen zu haben, Factoren, welche unabhängig von der psychischen Thätigkeit sehr direct in einer von Volkmann übersehenen Weise in die unmittelbare Sinneserregung eingreifen und als sinnliche Momente in gesetzmässiger Weise für die Wahrnehmung des Sammelbildes bestimmend sind. Die von mir gegen die psychische Erklärung des Einfachsehens bei Erregung differenter Netzhautpunkte und für die Erklärung desselben durch unmittelbare Sinnlichkeit, bei den reinen und einfachen Versuchen geltend gemachten Gründe sind aber durch Volkmann's Versuche gar nicht berührt worden, und ich muss sie nach wie vor festhalten.

Aus den von Volkmann als Versuch 12—26 aufgeführten

Experimenten scheint es mir ganz unmöglich zu sein, auch nur irgend den Schein eines Argumentes für die von ihm beliebten psychischen Erklärungen abzuleiten. Sie zeigen nach Volkmann selbst, „dass die Neigung differenter Netzhautpunkte, statt räumlich getrennter Erscheinungen einfache Bilder hervorzurufen, von ihrer gegenseitigen Lage abhängt, sie enthalten mit anderen Worten nur eine nähere Präcisirung der von mir aufgestellten empirischen correspondirenden Empfindungskreise! Wie diese Versuche dafür sprechen sollten, dass das Einfachsehen unter diesen Verhältnissen von psychischen Thätigkeiten, dem Einflusse der Aufmerksamkeit und Phantasie anstatt von der unmittelbaren Sinnesempfindung abhängen sollte, ist wirklich schwer abzusehen. Es werden der freien Aufmerksamkeit und Phantasie hierdurch doch allzu eigenthümliche, an die Localitäten der Netzhaut gebundene Gesetze vorgeschrieben! Mir scheint im Gegentheil der Umstand, dass das Einfachsehen in so gesetzmässiger Weise von der gegenseitigen Lage der beiderseits erregten differenten Netzhautpunkte abhängt, ein recht wichtiges Argument für meine Auffassung darzubieten, der zufolge dieses Einfachsehen eine specifische binoculäre Sinnesenergie ist.

Eben so wenig beweisend sind nun ferner diejenigen Versuche Volkmann's, welche darthun sollen, dass es ein psychisches Moment, ein Spiel der Aufmerksamkeit ist, wodurch die Doppelbilder unterdrückt werden. Diese von Volkmann als Versuch 27 und 28 angeführten Experimente habe ich nämlich sehr oft, sowohl vor als nach dem Lesen seiner Abhandlung angestellt, ich sehe dabei aber die für Volkmann unsichtbaren Doppelbilder in der That! Wenn ich, wie Volkmann in seinem Versuche 27 angegeben, eine Stelle der Tapete fixire und die daneben liegenden Stellen derselben mit je einem Doppelbilde des nicht fixirten Fingers bedecke, so sehe ich immer abwechselnd das rechte oder linke Doppelbild des Fingers und die dahinter liegende Partie der Tapete. Es ist mir durchaus unmöglich bei längerer Betrachtung das ganze

Tapetenbild stetig festzuhalten; trotz der auf die Tapete concentrirten Aufmerksamkeit macht sich bald der rechte, bald der linke Finger in ganz unwillkürlichem Wechsel bemerkbar, und macht die betreffende Stelle der Tapete unsichtbar, nachdem sie vorher undeutlich geworden ist. Ebenso erkenne ich beide Doppelbilder des hellen Punktes, welche in Versuch 28 ungleich weit seitlich vom fixirten Finger liegen; sie sind bei gleichmässigem Hintergrunde beide bleibend sichtbar, natürlich vorausgesetzt, dass nicht das eine Doppelbild auf die Eintrittsstelle des N. opticus fällt, was bei der von Volkmann angegebenen Weise den Versuch anzustellen allerdings wohl geschehen kann. Ist der Hintergrund conturirt, so dass die beiden Doppelbilder des hellen Punktes im gemeinschaftlichen Gesichtsfelde durch einander kreuzende oder berührende Conturen erheblich gestört werden, so treten beide mit diesen abwechselnd hervor. Alsdann ist es aber offenbar die binoculare Synergie des Alternirens, welche die bleibende Wahrnehmung der Doppelbilder stört. Dass übrigens der Mangel an Aufmerksamkeit beim gewöhnlichen Sehen den Hauptgrund enthält, warum die Doppelbilder von der grossen Mehrzahl der Menschen so wenig beachtet werden, das habe ich vollkommen eingeräumt und ausdrücklich bemerkt, zugleich habe ich aber gemeint, dass dieses Moment bei einem physiologischen Beobachter, der gerade die Doppelbilder studirt, nicht in Betracht kommen dürfte. Wenn man sagt, dass Menschen, welche nur praktisch sehen, ohne das Sehen zu studiren, den Doppelbildern als „werthlosen Phänomenen" ihre Aufmerksamkeit entziehen, so hat das einen vernünftigen Sinn, obgleich dieser Umstand auch für den blossen Praktikter im Sehen nicht allein die Doppelbilder unsichtbar macht, indem ausser den Accommodationsverhältnissen auch das von mir hervorgehobene Moment des Alternirens jedenfalls einen sehr wesentlichen Antheil an dem Verlöschen und Unsichtbarwerden der Doppelbilder haben muss und wirklich hat. Wenn man aber sagt (a. a. O. S. 65), dass auch „die Seele" eines physiologischen Beobachters, der über die Doppelbilder specielle Studien macht, „die Doppel-

bilder mit deprimirender Nichtachtung behandelt“ (sic!), so gestehe ich, dass eine solche Naturforscherseele mir ein vollkommen unbegreifliches Ding ist. Wenn Volkmann also auf seinem Beobachtungsresultate besteht, so muss ich ja allerdings einräumen, dass unsere psychische Organisation eine merkwürdige Verschiedenheit darbietet, indem Volkmann wirklich für Alles blind zu sein scheint, worauf er nicht seine Aufmerksamkeit speciell gerichtet hat, während es scheint, dass ich mehrere gleichzeitige Eindrücke besser percipiren kann, als Volkmann.

Eine solche allerdings höchst merkwürdige individuelle Eigenthümlichkeit der Volkmann'schen Psyche berechtigt aber jedenfalls nicht dazu, diejenigen Fälle, wo Niemand, weder Volkmann noch ich, noch irgend ein Beobachter, bei geeigneter Augenstellung im Stande ist, irgend eine Spur eines Doppelbildes wahrzunehmen, z. B. bei geeigneter Betrachtung obiger Fig. 31 (S. 11) in eine Reihe mit denjenigen zu stellen, wo unzweifelhaft Doppelbilder vorhanden sind. Denn in jenen Fällen sind die Doppelbilder unsichtbar, obgleich ich ihnen meine volle Aufmerksamkeit zuwende, und obgleich der Grund gleichmässig gefärbt ist, so dass die Synergie des Alternirens die Wahrnehmung derselben nicht stört; in ihnen erfolgt daher das Einfachsehen nicht aus Mangel an Aufmerksamkeit, sondern trotz der Aufmerksamkeit! Deshalb schien es mir nöthig zu sein, jene Art des Einfachsehens, wo die Doppelbilder Allen unsichtbar sind, als etwas ganz Besonderes hinzustellen, für dieselben den Begriff der correspondirenden Empfindungskreise aufzustellen und sie als binoculare Synergie des Einfachsehens, als eine specifische unmittelbare Empfindungsweise zu bezeichnen.

Diese Unterscheidung derjenigen Fälle, wo Doppelbilder effectiv vorhanden sind, welche nur zeitweilig, unter geeigneten Verhältnissen und durch nachweisbare Bedingungen (Mangel an Aufmerksamkeit, Synergie des Alternirens, Accommodation) unterdrückt werden können, von denjenigen, wo Niemand die Doppelbilder erkennen kann, obgleich er mit vollster Aufmerksamkeit nach ihnen späht, und obgleich sie hier nach-

weisbarermassen weder durch die Synergie des Alternirens, noch durch Accommodationsverhältnisse unterdrückt werden können, muss man meines Erachtens entschieden festhalten. Es sind dies zwei ganz verschiedenen Ordnungen angehörige Erscheinungen, wie ich es im zweiten Capitel meiner Schrift eingehend erörtert habe.[1])

---

1) Auch Herrn Bergmann gegenüber muss ich diese Unterscheidung des Verlöschens und zeitweiligen Verschwindens effectiv vorhandener Doppelbilder, und des vollständigen Fehlens des einen, der ursprünglichen Aufstellung der identischen Punkte zufolge erwarteten Doppelbildes z. B. im Sammelbilde der beiderseitigen Doppellinien mit geringen Abstandsdifferenzen festhalten. Herr Bergmann sagt (a. a. O.): „Da es äusserst leicht ist Doppelbilder wahrzunehmen, welche weit diesseits oder jenseits des Horopters liegen, sofern dieselben sich nur ungefähr in der Richtung des fixirten Punktes befinden, da man ferner durch Uebung es dahin bringt, Doppelbilder auch dann wahrzunehmen, wenn die Punkte nicht fern vom Horopter oder auch etwas seitwärts liegen, so darf man sie consequenter Weise für alle ausser dem Horopterkreise liegende Punkte als vorhanden annehmen, wenn auch ihre Abweichungen so schwach sein können, dass man sie nicht als Doppelbilder erkennt (sic!). Wollte man nun von hier aus das Erkennen der Tiefe bei ruhenden Augen erläutern, so dürfte man sich allerdings nicht auf das Sehen oder Wahrnehmen der Doppelbilder, auf ihr Erkennen als solche berufen, da man sich derselben bei der gewöhnlichen Praxis des Sehens überhaupt nicht bewusst wird und in manchen Fällen selbst durch Uebung sie nicht sicher erkennen kann. Aber es schien mir consequent sie überall anzunehmen und es war ganz natürlich, wenn man sich vorstellte, dass ihr Vorhandensein dem Bilde einen eigenthümlichen Charakter verleihe, welcher es von dem durch ein Auge gelieferten Bilde unterscheide und das Zusammenwirken beider Augen zu dem bedeutenden Hülfsmittel des Erkennens der dritten Dimension machen, welches es offenbar ist. Diese einfache und durchgreifende Erklärung, zu welcher die Wirkung der Muskeln dann nur als ein allerdings sehr gewichtiges Complement hinzutritt, hat Referent seit dem Erscheinen der Wheatstone'schen Beobachtungen immer für richtig gehalten" u. s. w. Insofern aber die Doppelbilder als solche nicht wahrnehmbar sind, muss man, wie mir scheint, doch consequenter Weise zugeben, dass sie als solche für den Beobachter und für die sinnliche Empfindung gar nicht vorhanden sind! Die von Bergmann aufgestellte Consequenz enthält also den directen und sehr inconsequenten Widerspruch, dass die Doppelbilder als solche vor-

Volkmann will nun allerdings auch speciell nachweisen, dass es einen psychischen Grund habe, dass wir bei geringen Abstandsdifferenzen, innerhalb der Grenzen der correspondirenden Empfindungskreise einfach sehen. Das folgert Volkmann aus seinen Versuchen 29—31 und Versuch 32, welche zunächst zeigen sollen: 1) dass die im Sammelbilde wahrgenommene Abstandsdifferenz nahezu gleich wird der halben Summe der beiderseitigen Abstände und 2) dass nur diejenigen Theile eines Bildes Lagen-

---

handen seien, und als solche doch nicht vorhanden sein sollen! Herr Bergmann würde vielleicht seine eigentliche Meinung besser ausgedrückt haben, wenn er gesagt hätte, dass diejenige eigenthümliche Sinneserregung, welche bei den Doppelbildern bezüglich der dritten Dimension des Raumes oft wahrgenommen wird, auch dann oft noch vorhanden ist, wenn die Doppelbilder als solche nicht mehr wahrnehmbar oder vorhanden sind. Wenn man aber dies unbedingt zugeben muss, so stellt sich ja die Erscheinung der Doppelbilder als solcher als etwas für die Tiefenempfindung ganz Unwesentliches heraus, da diese gerade dann in der allerausgezeichnetsten Weise empfunden wird, wenn die Doppelbilder nicht wahrnehmbar sind! Gerade bei den geringen, den correspondirenden Empfindungskreisen entsprechenden Abstandsdifferenzen, bei welchen die Doppelbilder nicht „zum Theil“, „beinahe“ oder „zeitweilig“, sondern immer und ganz vollständig — fehlen, ist die Empfindung der dritten Dimension so ausserordentlich bestimmt markirt, wie niemals bei Gegenwart effectiver Doppelbilder, und wie z. B. aus Dove's bekanntem Versuche zur Erkennung falscher Banknoten hervorgeht, so ausserordentlich fein, dass man oft erst durch sie auf sehr geringe Unterschiede der seitlichen Abstandsdifferenzen in den beiderseitigen Bildern aufmerksam wird. Es erscheinen mithin diesen Thatsachen gegenüber die als solche wahrnehmbaren Doppelbilder als eine unwesentliche Zugabe, welche die reine Empfindung der binocularen Parallaxe eher stört als befördert. Dass sie wirklich nur eine solche, unter Umständen unvermeidliche Zugabe sind, geht auch noch aus den Versuchen hervor, bei welchen diese Tiefenempfindung unter solchen Verhältnissen zum Vorschein kommt, bei welchen die Doppelbilder gar nicht vorhanden sein können, z. B. wenn eine einzige Linie des linken Bildes mit einer von zwei parallelen entsprechenden Linien des rechten Bildes, oder ein einfacher Kreis mit einem Doppelkreise combinirt wird, welcher Versuch Herrn Bergmann nach meinen obigen Bemerkungen nachträglich hoffentlich vollständig gelingen wird.

veränderungen im Sehfelde erfahren, für welche im anderen Auge Punkte und Linien geboten sind, mit welchen sie verschmelzen können. Wie dies aber auf eine psychische Erklärung hinweisen soll, indem die Seele die scheinbare Mittelgrösse berechne und in das Sammelbild hineinzeichnen sollte, das ist mir ganz unbegreiflich. Mir scheint dieses Factum sich vielmehr als ein Act rein und unmittelbar sinnlicher Empfindung zu manifestiren, analog der binocularen Synergie der Farbenmischung der ungleich gefärbten, verschieden weit von einander entfernten Doppellinien. — Wenn Volkmann mit Beziehung auf diese Versuche behauptet, dass die Seele, nachdem sie gründlich gelernt habe die Doppelbilder zu ignoriren, auch lerne, dieselben zu einem einfachen Bilde zu verschmelzen, so lässt sich diese Behauptung schon vom psychologischen Standpunkte aus widerlegen, wenn es feststeht, dass die geistige Thätigkeit beim Erlernen immer von bestimmten, zunächst in der Organisation der Sinnesorgane begründeten sinnlichen Wahrnehmungen ausgeht. Die verschiedenen unmittelbaren sinnlichen Eindrücke kann die Seele nämlich wohl auf verschiedene Weise verwerthen, je nach dem Grade der Aufmerksamkeit, der ihnen zugewandt wird, treten sie lebhafter für das Bewusstsein hervor, oder sie treten anderen Eindrücken gegenüber so ganz in den Hintergrund, dass sie gar nicht zum Bewusstsein gelangen.[1]) Es kann dieses Ignoriren für bestimmte Eindrücke auch zur Gewohnheit, und gewissermassen zur anderen Natur werden.[2]) Der unmittelbare sinn-

---

1) Bezeichnend hierfür ist folgende kleine Geschichte, die mir von einem vollkommen zuverlässigen Augenzeugen berichtet worden ist: Ein sehr leidenschaftlicher Kegelspieler war über das Spiel in einen heftigen Streit gerathen, als er gerade werfen sollte. Ein Spassvogel legte ihm einen zusammengerollten Igel an die Stelle der Kugel hin; er ergriff das Thier zu wiederholten Malen, liess es aber immer wieder fallen und seine Handbewegungen zeigten deutlich, dass er die Stiche der Stacheln empfand. In seiner Aufregung verwerthete er aber diese „nachdrücklichen Mahnungen“ gar nicht, bis das Gelächter der Umstehenden ihn zur Besinnung und zur Erkenntniss der empfundenen aber nicht beachteten Stiche brachte.

2) Bezeichnend hierfür ist die Gewöhnung eines Gelehrten an den Lärm eines Handwerks oder einer Fabrik.

liche Eindruck ist aber trotz dieses Ignorirens immer nicht nur vorhanden, sondern er wird auch von der Seele wahrgenommen, sobald sie ihn wahrnehmen will, d. h. sobald sie ihm die Aufmerkscmkeit zuwendet, und es werden alsdann die Eindrücke unwandelbar in der von der unmittelbaren Sinnlichkeit dictirten, ursprünglichen Weise percipirt. Dies geschieht selbst dann, wenn die Seele sich vollkommen bewusst ist, dass das Gesehene der Wirklichkeit nicht entspricht und auf Täuschung beruht, z. B. bei stereoskopischer Betrachtung der Halske'schen Objecte oder meiner Fig. 57. Nach Volkmann sollte dahingegen die Seele sich selbst durch consequentes Ignoriren gewisser Eindrücke zuerst bleibend und absolut unfähig machen, diese Eindrücke beim besten Willen, trotz angestrengter Aufmerksamkeit und trotz aller Uebung zu percipiren, und darauf sollte sie noch die unmittelbare Empfindung in anderer Form wieder in's Leben rufen können. Das Eine wie das Andere ist aber meines Erachtens eine psychologische Unmöglichkeit. Die von Volkmann angeführten Urtheilstäuschungen bezüglich der scheinbaren Grössen haben auch, insofern wir uns von ihnen nicht freimachen können, ganz gewiss immer bestimmte, unmittelbar sinnliche Grundlagen, von welchen die Täuschungen des Urtheils ausgehen, wie ich das in meiner Abhandlung: Ueber die scheinbare Grösse der gesehenen Objecte im Archiv für Ophthalmologie von Arlt, Donders und Gräfe Bd. IV. 1. Heft. S. 1—36 für verschiedene hierher gehörige Fälle nachgewiesen habe.

Die Erscheinungen, welche Volkmann in seinen sieben letzten Versuchen, Versuch 33—39 bespricht, werden von ihm selbst als paradox bezeichnet. Er meint freilich, es sei unstreitig, dass es auch hier psychische Vorgänge seien, welche durch ihr Hinzutreten zu den rein sinnlichen Bedingungen die letzten Erfolge umgestalten, er findet aber, dass die Art und Weise, wie dies hier geschehe, minder klar sei.

In seinem Versuche 33 wirft Volkmann zunächst die Frage auf, wie es zugehe, dass die zwei einander zugewandten Bögen, die er in seiner Fig. 19 verzeichnet hat, zu einer Linse, ohne

Tiefenempfindung verschmelzen, wenn man ihre Endpunkte fixirt, während man eine einfache, nach vorn gebogene Linie wahrnimmt, wenn man die Mitte fixirt? Ich kann diese Beobachtung aber nicht constatiren, denn wenn ich die Mitte der Bögen fixire, so sehe ich ganz deutlich die Doppelbilder der Enden in einem)(förmigen Sammelbilde; wenn ich aber die Endpunkte der Bögen fixire, so sehe ich, wie Volkmann, die linsenförmige Figur, indem die Mitte der Bögen doppelt gesehen wird. Meine Beobachtung entspricht ganz dem Umstande, dass die Abstandsdifferenz zwischen der Mitte und den Enden dieser beiderseitigen Bögen volle 6 Mm. beträgt, also die mittleren horizontalen Durchmesser der empirisch gefundenen correspondirenden Empfindungskreise nach meinen und Volkmann's eigenen Bestimmungen etwa um das Dreifache übertreffen! Auch alle anderen Personen, denen ich Volkmann's Object gezeigt habe, sehen deutlich die Doppelbilder der Enden der Bögen, wenn sie die Mitte fixirten. Es fragt sich bezüglich dieser „paradoxen" Erscheinung also zunächst nur, wie es zugegangen sei, dass Volkmann die Doppelbilder der Bogenenden, die doch unzweifelhaft vorhanden waren, übersehen konnte, während er die Doppelbilder der Mitte der Bögen bei veränderter Augenstellung nicht übersah? Hier muss auch ich allerdings eine psychische Erklärung annehmen. Wenn man nämlich die Mitte der Bögen fixirt, so verschmelzen ihre Mitten soweit, als die Durchmesser der correspondirenden Empfindungskreise es erlauben, zu einem einfachen Bilde. Dieses einfache Bild der combinirten Mitten stellt aber einen nach vorn gekrümmten Bogen dar. Diese Erscheinung entspricht ganz und gar der von mir aufgestellten allgemeinen Regel, dass das Sammelbild bei der Combination solcher beiderseitigen Bildpunkte, deren Abstand von einander geringer ist, weiter nach vorn, und dahingegen bei gleichzeitiger Combination zweier solcher beiderseitigen Bildpunkte, deren Abstand grösser ist, weiter nach hinten zu liegen scheint, kurz es entspricht die Erscheinung vollkommen meiner Aufstellung der binocularen Parallaxe. Diese Empfindung hat nun, vermuthe ich, Volkmann frappirt, indem es

ja auch wirklich auffallend ist, dass die Seele genöthigt ist, das Sammelbild in dieser Gestalt hinzunehmen, obgleich sie die Einzelbilder kennt, und obgleich sie also weiss, dass das Sammelbild den Objecten nicht entspricht. Ueber diese Wahrnehmung der Tiefe hat Volkmann dann vermuthlich die Doppelbilder der Enden übersehen, und indem er die Aufmerksamkeit seiner Zuhörer auf die Tiefenerscheinungen hingelenkt hat, ist es ihnen wohl ebenso ergangen. Beim Fixiren der Enden der Bögen wächst der gegenseitige Abstand in einem sehr starken Verhältnisse und es kann keine Tiefenempfindung zur Beobachtung kommen, sondern es macht sich die mosaikartige Eintragung allein, ohne Complication geltend und wird dann von einem Jeden bemerkt. — Wenn man aber die Bögen so flach macht, dass die Abstandsdifferenz ihrer Mitten und ihrer Enden das Maass der individuellen correspondirenden Empfindungskreise nicht übertrifft, so verschmilzt die ganze Linie zu einem ganz einfachen, nach vorn gekrümmten Bogen, einerlei ob man die Enden oder die Mitten der Bögen fixirt! Volkmann findet es ferner „paradox", dass verschiedene Personen, die er zur Wiederholung des Versuches aufforderte, das Linsenbild erst fanden, als er sie auf die Art und Weise, wie man es willkürlich hervorrufen kann, aufmerksam gemacht hatte, bei unbefangener Beobachtung aber immer den nach vorn gekrümmten Bogen sehen. Dies erklärt sich aber nach dem, was ich über die Einstellung der Augen beim binocularen Sehen entwickelt habe, wie mir scheint, sehr leicht. Einmal beträgt nämlich die Entfernung der Mitte des rechten Bogens von der des linken 60 Mm., die der Bogenenden nur 54 Mm. Ersteres Maass aber entspricht näher der „natürlichen Augenstellung" der meisten Menschen als letzteres. Dazu kommt noch hinzu, dass die Mitten der Bögen dominirende Linien abgeben, indem gleichzeitig viele ihrer Punkte auf einheitlich empfindenden Netzhautstellen zur Deckung gebracht werden können, was bei der Einstellung für die Enden der Bögen nicht der Fall ist, da die Linien sich hier so schnell von einander entfernen. Bringt man nach aussen neben den Bogenenden oder anderswo in der Tangente für die Mittel-

punkte der Bögen jederseits eine Fixationsmarke an, so kann man natürlich auch mit ihrer Hülfe dasjenige Sammelbild erhalten, das man wahrnimmt, wenn man die Mitte der Bögen fixirt.

In Volkmann's Versuch 34 sind zwei eben solche, einander zugewandte Bogen, deren jeder mit einer senkrechten Sehne versehen ist, beiderseits verzeichnet. Diese können nun entweder zu einer durch eine senkrechte Linie in 2 Hälften getheilten Linse, oder zu einer schmäleren Linse, ohne senkrechte Theilung combinirt werden. Letzteres soll nach Volkmann bei unbefangenem Sehen, Ersteres schwieriger und bei absichtlicher Anstrengung der Augen erfolgen, und dies findet Volkmann paradox. Diese Angabe ist aber nicht unbedingt richtig, sondern es hängt zum Theil von der Entfernung der beiderseitigen Bilder von einander und zum Theil von der natürlichen Augenstellung ab, ob das eine oder das andere Bild wahrgenommen wird. Die von Volkmann benutzten Entfernungen sind aber geringer, als das gewöhnliche Maass der natürlichen Augenstellung (nur 55 Mm.). Wenn nun schon dieser Umstand die letztere der Volkmann'schen Combination begünstigt, so kommt auch noch ein anderer Umstand der diesem Sammelbilde entsprechenden Augenstellung zu Hülfe, nämlich dass jederseits zwei, freilich etwas ungleiche dominirende Linien zur Geltung kommen. Bei bedeutenderen, die natürliche Augenstellung übertreffenden Entfernungen tritt dahingegen bei unbefangenem Sehen das andere Sammelbild leichter auf, indem sich hier alsdann die senkrechten Sehnen als dominirende Linien geltend machen. Volkmann findet es aber ferner noch paradox, dass dieselben Figuren bei horizontaler Lage der Sehnen als Sammelbild entweder eine horizontale Linse, welche durch eine horizontale Linie in zwei Hälften getheilt ist, oder ein über einander gelegtes (etwas undeutliches) Bild der beiden einander entgegengesetzten Bögen blicken lassen, je nachdem man beide Sehnen in gleicher Höhe lagert, oder je nachdem man die Sehne des einen und den Bogen des anderen Bildes einander gegenüber legt. Volkmann sucht im letzteren Falle den Grund der Nichtverschmelzung in dem

äusserst geringen Werthe der Grenzdistanz in der Richtung des Perpendikels. Bei genauerer Untersuchung findet man aber, dass diese „paradoxe“ Erscheinung sich wesentlich daraus erklärt, dass die senkrechten Durchmesser der correspondirenden Empfindungskreise, wie ja auch Volkmann selbst gefunden hat, erheblich kleiner sind, als die horizontalen Durchmesser derselben. Denn wenn man die durch die binoculare Synergie des Einfachsehens auszugleichende Abweichung der Bögen von ihren Sehnen, dem geringen senkrechten Durchmesser der correspondirenden Empfindungskreise entsprechend, vermindert, so gelingt die einheitliche Verschmelzung der horizontalen Kreisabschnitte zu einer linsenförmigen Figur vollkommen. Es war also der Werth der Grenzdistanz in der Richtung des Perpendikels in Volkmann's Figur nicht, wie er meint, zu gering, sondern zu gross. Eine gewisse Schwierigkeit bleibt jedoch bei der Combination dieser horizontalen Kreissegmente, indem es schwierig ist, die rechte Augenstellung zu finden. Diese Schwierigkeit lässt sich aber heben, wenn man durch die Mitte des Bogenabschnittes jederseits eine Senkrechte anbringt, oder beiderseits an entsprechenden Stellen eine Fixationsmarke anbringt. Die Combination der horizontalen Kreissegmente zu einer durch eine Horizontale getheilten liegenden Linse tritt mittelst mosaikartiger Eintragung ein, wenn die Sehnen der beiderseits angebrachten Bögen in gleicher Höhe liegen.

Volkmann's Versuch 35, bei welchem 5° grosse, mit ihrer Oeffnung nach oben gerichtete, aber etwas verschieden geneigte Winkel jederseits angebracht werden, zeigt, dass dieselben entweder so combinirt werden können, dass die im Scheitel vereinigten Winkel im Sammelbilde neben einander erscheinen, oder so, dass ein einfacher Winkel sichtbar wird. Volkmann findet es auffallend, dass bald das eine, bald das andere Sammelbild sich am leichtesten darbietet, läugnet den Einfluss der Distanz der im Stereoskop befindlichen Bilder auf die Form des Sammelbildes und erklärt sie dadurch, dass für einige Augen die Senkrechte eine solche Anziehungskraft habe, dass diese vor Allem auf „identische“ Punkte gebracht wird, wäh-

rend es für andere Augen etwas mehr Befriedigendes hat, die beiden Winkelbilder zur Einheit zu bringen. Wenn man aber die betreffenden Winkel einmal so beweglich macht, dass man sie einander nähern und sie von einander entfernen kann, und ein anderes Mal so, dass man sie in ihrem Scheitelpunkte drehbar macht, während man sie im Stereoskope betrachtet, so wird man nicht umhin können, den Einfluss der Distanz auf die Form des Sammelbildes anzuerkennen, indem Jedermann bei gewisser Entfernung der beiderseitigen Winkel oder bei gewisser Drehung ihrer Oeffnungen nach aussen nur das Volkmann'sche Sammelbild S' und bei gewisser Näherung der Winkel oder bei gewisser Drehung der Winkelöffnungen nach innen nur das Sammelbild S sehen kann. Es kommen für dieses Object zwei verschiedene Augenbewegungen in Betracht, nämlich einerseits der Convergenzgrad und andererseits die Rotationsbewegung der Bulbi; in der letzteren sind die meisten Augen viel weniger geübt, als in der ersteren. Meines Erachtens kommen nun bei diesem Versuche, wie bei so vielen anderen von mir angeführten Beispielen (vgl. z. B. meine Fig. 12—16), zwei Momente für die Einstellung der Augen in Betracht, nämlich ein sinnliches (der binoculare Reflexinstinct) und ein psychisches (der binoculare Intelligenzinstinct). Der Versuch 35 Volkmann's zeigt nur eben dasselbe. Der von Volkmann nicht besprochene, besonders bei beweglichen Winkelbildern sehr interessante körperliche oder Tiefeneffect, entspricht übrigens vollkommen den Gesetzen der Synergie der binocularen Parallaxe.

Volkmann's Figur 36 zeigt, dass zwei krumme Linien, deren Halbmesser = 2 Mm. und deren Spannweite 3 Mm. beträgt, bei ihrer Combination im Sammelbilde nicht einheitlich verschmelzen, und dass es für den Eindruck, den die Bögen machen, von grösstem Belange ist, ob die innere Seite derselben nach rechts oder nach links gewendet ist. Indem er diesen Fall mit Versuch 33 zusammenstellt, bei welchem ihn die einheitliche Verschmelzung grösserer Bogen mit viel beträchtlicherer Abstandsdifferenz der Mitten und der Endpunkte der Bogen gelang, schliesst er, dass die Doppelbilder des Versuchs 36

mit den von mir aufgestellten correspondirenden Empfindungskreisen in Widerspruch stehen. Der Unterschied der entgegengesetzten Richtungen soll nach Volkmann selbstverständlich von der Seele um so lebhafter empfunden werden, je mehr Grade des Kreises er umfasst. — In der That zeigt dieser Versuch jedoch nur, dass die correspondirenden Empfindungskreise in der Gegend des deutlichsten Sehens, in welche hier das ganze Bild fällt, bedeutend kleiner sind, als auf den mehr seitlichen Netzhautpartieen, was ja auch aus anderen Versuchen Volkmann's (Versuch 12 ff.) hervorgeht. Bei den kleinen Bogen mit Radien von 2 Mm. und einer Spannung von 3 Mm. beträgt der Abstand der Mitte der Sehne von der Mitte des Bogens 1,32 Mm., also die Abstandsdifferenz (oder Grenzdistanz Volkmann's) zwischen den Mitten und den Enden der beiderseitigen Bogen 2,64 Mm. Dies übersteigt aber in der Gegend des deutlichsten Sehens weit das Maass der correspondirenden Empfindungskreise; denn bei Anwendung senkrechter paralleler Doppellinien nach meinem Vorgange fand Volkmann je nach dem Werthe der Constanten, welche die Entfernung von der Stelle des deutlichsten Sehens ausdrücken, folgende Verhältnisse (a. a. O. S. 38):

Werth der Constanten	Werth der Grenzdistanzen für die Substitute a	für die Substitute b
1,5 Mm.	0,59 Mm.	1,75 Mm.
5,3 „	1,84 „	2,27 „
8,0 „	2,09 „	2,99 „

Wenn also die Empfindungskreise 1,5 Mm. vom Punkte des deutlichsten Sehens entfernt einer Grenzdifferenz von nur 0,59 Mm. entsprechen,[1]) wie sollten dieselben denn hier, bei einer Grenzdistanz von 2,64 Mm. Einfachsehen vermitteln können? Wenn man die Abstandsdifferenzen (Grenzdistanzen) zwischen den Endpunkten der Bogen dem billigen Maasse der correspondirenden Empfindungskreise entsprechend geringer macht, so tritt auch bei ihnen, trotz der viel grösseren

1) Meine Bestimmungen wurden mit grösseren Werthen der Constanten gemacht, daher auch das Maass der correspondirenden Empfindungskreise (bei mittlerer Augenstellung) grösser ausfallen musste, eben so wie in Volkmann's anderen Versuchen.

Gradzahlen des Kreises, die sie, verglichen mit den Kreisen grosser Durchmesser, umfassen, vollkommen einheitliche Verschmelzung mit entsprechendem Tiefeneffecte ein, vorausgesetzt, dass die Mitten der Tangente der Bogen fixirt werden. — Schliesslich ist nur noch zu bemerken, dass der Vergleich, den Volkmann mit seinem Versuch 33 hier anstellt, in dem von ihm gewünschten Sinne doch wohl nicht zutreffen kann, da er bei diesem durchaus die Doppelbilder der Bogenenden, deren Grenzdistanz volle 6 Mm. beträgt, wie bereits oben angeführt, übersehen haben muss.

In seinem Versuch 37 hat Volkmann links eine Senkrechte, rechts einen nach oben geöffneten Winkel angebracht, dessen rechter Schenkel senkrecht steht, so dass die 5° grosse Winkelöffnung links von demselben liegt. Bei der Combination dieses Bildes erkennt man im Sammelbilde einen Winkel, dessen Oeffnung nach Volkmann derjenigen des im rechten Sehfelde verzeichneten Winkels vollkommen an Grösse gleichkommt, einerlei, ob die Senkrechte des linken Sehfeldes mit dem senkrechten oder dem schrägen Schenkel combinirt wird.

Diese Angabe ist richtig, sofern sich kein Tiefeneffect im Bilde bemerkbar macht, d. h. sofern beide Schenkel des im Sammelbilde gesehenen Winkels in der Ebene des Papiers zu liegen scheinen. Dies kann und muss aber erfolgen, wenn die Augen sich so einstellen, dass die im Sammelbilde einander deckenden Conturen auf zusammengehörige Mittelpunkte der correspondirenden Empfindungskreise oder nach der alten Nomenclatur auf wirklich correspondirende Netzhautpunkte gebracht werden. Für die Combination der beiderseitigen Senkrechten kann das einfach durch Convergenzbewegungen geschehen, für Combination der Senkrechten des linken Feldes mit dem schrägen Winkel des Schenkels im rechten Felde kann aber dasselbe durch entsprechende Rotationsbewegungen der Bulbi erreicht werden. Dass solche Rotationsbewegungen der Bulbi ausführbar sind, geht schon daraus hervor, dass ich zwei nach unten convergirende Linien noch dann einfach sehen kann, wenn der Convergenzwinkel bis 10° beträgt, wogegen es beim Convergiren der Linien nach oben kaum noch

bei einem Convergenzwinkel von 4° gelingt (s. meine grössere Schrift S. 23). Dass sie aber bei diesem Versuche auch wirklich zur Ausführung kommen, geht aus folgenden Erscheinungen hervor: Wenn man in den beiden Bildern andere, vom Winkel unabhängige, beiderseitige senkrechte Linien anbringt, welche im Sammelbilde nicht zur Deckung kommen, so nehmen sie im letzteren eine geneigte Stellung zu einander ein, wenn man die ursprüngliche Senkrechte des linken Feldes mit dem schrägen Schenkel des Winkels im rechten Felde combinirt; dahingegen bewahren sie ihren Parallelismus, wenn man die beiderseitigen Senkrechten zur gegenseitigen Deckung bringt. Wenn man ferner die Lage des Sammelbildes in toto berücksichtigt, und dieselbe mit derjenigen des rechten Einzelbildes vergleicht, so erkennt man, dass die Winkelöffnung des Sammelbildes mehr gerade nach oben gerichtet ist, wenn man die Senkrechte mit der Schrägen combinirt, wohingegen dieselbe bei Combination der beiden Senkrechten im Sammelbilde eben so wie im rechts gelegenen Einzelbilde nach links und oben geöffnet ist. Dieses erklärt sich vollkommen durch die Rotation der Bulbi, an welche Volkmann gar nicht gedacht zu haben scheint, und durch die einfache mosaikartige Eintragung der nur in einem Bilde vorhandenen Contur in das Sammelbild.

Wenn sich aber ein Tiefeneffect im Bilde bemerkbar macht, was den Regeln der binocularen Parallaxe zufolge alsdann erfolgen muss, wenn in einem Auge die Mittelpunkte, im anderen seitlich gelegene Punkte der correspondirenden Empfindungskreise von den Netzhautbildern getroffen werden (wenn also die Rotation nicht erfolgt oder nicht den gehörigen Grad erreicht), so ist es nicht wahr, dass der Winkel des Sammelbildes dem Winkel des rechts liegenden Einzelbildes gleich erscheint. Denn alsdann tritt der aus der links gelegenen Senkrechten und dem schrägen Schenkel des rechts gelegenen Winkels combinirte Schenkel des im Sammelbilde sichtbaren Winkels aus der Ebene des Papiers heraus und über die wirkliche Neigung desselben zu dem einfach mosaikartig in die Ebene des Papiers eingetragenen anderen Schenkel, ist in der

That kein bestimmtes Urtheil möglich. Will man die Neigung alsdann auf die Ebene des Papiers beziehen, so ist dies nur durch einen Act psychischer Abstraction möglich, und man bleibt in Zweifel, ob man diejenige Winkelöffnung angeben soll, welche man im rechten Einzelbilde sieht, oder ob man eine kleinere Winkelöffnung wahrnimmt, gebildet aus der mosaikartig eingetragenen Linie und aus derjenigen, welche durch Combination der ungleich geneigten Linien der beiden Einzelbilder entstanden ist.

Es ist indess noch eine Combination dieser beiderseitigen Bilder möglich. Es können nämlich die Augen auch so eingestellt werden, dass die Senkrechte des linken Feldes weder mit dem senkrechten, noch mit dem schrägen Schenkel des im rechten Einzelbilde sichtbaren Winkels zur Deckung kommt, sondern so in einer Mittelstellung verharrt, dass dieselbe sich mit dem schrägen Schenkel des Winkels im Sammelbilde kreuzt. Alsdann muss die binoculare Synergie des Alternirens der sich im Sammelbilde kreuzenden oder berührenden Conturen zur Geltung kommen. Man kann alsdann die senkrechte Linie des linken Gesichtsfeldes mit einer etwas veränderten Neigung neben dem senkrechten Schenkel des im linken Bilde vorhandenen Winkels sehen, während die schräge Linie in der Gegend der Kreuzung durch die Macht der der Contur der Senkrechten anliegenden Grundfärbung zeitweilig unsichtbar wird, um bei fortgesetzter Betrachtung nach einiger Zeit wieder hervorzutreten. Wenn dann die Kreuzung der Senkrechten des linken Feldes mit dem schrägen Schenkel des Winkels im rechten Felde dem Scheitelpunkte nahe liegt, so kann demnach durch die Macht der der Contur (der Senkrechten) anliegenden Grundfärbung zeitweilig die Continuität des im Sammelbilde wahrgenommenen Winkelbildes gestört erscheinen.

Es geht aus dem Vorstehenden, wie mir scheint, deutlich hervor, dass es durchaus nicht exact ist, wenn Volkmann sagt, die Seele schwanke zwischen Beibehaltung des Winkels und den Ansprüchen der Senkrechten des linken Feldes, entscheide sich aber fast immer zu Gunsten der ersteren und gebe nur in selteneren Ausnahmsfällen die Continuität des Winkels

zu Gunsten der Ansprüche jener Senkrechten auf. Die Seele hat nämlich freilich ihren Antheil an der Einstellung der Augen, und sie kann hierdurch dazu beitragen, dass verschiedene unmittelbare Sinnesempfindungen durch binoculare Betrachtung des Objects zur Perception kommen, sie kann freilich auch ferner die verschiedenen unmittelbaren Sinnesempfindungen in verschiedener Weise durch die Aufmerksamkeit und durch den Denkact combiniren, und sie kann dadurch dasselbe sinnliche Object verschieden beurtheilen, sie kann aber nicht, wie Volkmann meint, aus eigener Machtvollkommenheit wesentlich neue, von der Sinnlichkeit nicht gebotene Erscheinungen im Bilde unmittelbar hervorrufen.

Volkmann's Versuch 38 schliesst sich vollkommen an den vorhergehenden an. Auch hier kommen unzweifelhaft Rotationsbewegungen der Bulbi in Betracht, wenn die links gelegene Senkrechte mit einer von zwei einander parallelen schrägen Linien des rechten Sehfeldes so combinirt wird, dass im Sammelbilde zwei einfache parallele Linien ohne Tiefenempfindung erscheinen. Denn es wäre sonst das Einfachsehen bei der vorhandenen, 4 Mm. betragenden Abstandsdifferenz der beiden Enden der Senkrechten und einer der schrägen Linien nicht möglich. Dasselbe geht aus der schrägen Stellung beiderseits gezogener senkrechter, nicht zur Deckung kommender Hülfslinien hervor, und die steilere Haltung des Sammelbildes, als des rechts gelegenen Einzelbildes, welche hier auch von Volkmann bemerkt worden ist, entspricht ganz einer solchen Rotation der Bulbi. Wenn nun die Senkrechte mit einer der schrägen Linien auf die Mittelpunkte correspondirender Empfindungskreise gebracht ist, so erklärt die mosaikartige Eintragung der im rechten Einzelbilde allein vorhandenen schrägen Linie vollkommen die von Volkmann angegebene Erscheinung, dass sie der combinirten Linie im Sammelbilde parallel erscheint; denn mit der Rotation des Bulbus würde ja auch ihre Lage ebenso verändert werden, wie die der ihr parallelen schrägen Linie, welche mit der Senkrechten des anderen Feldes combinirt wurde. Auch in diesem Versuche kann sich aber ein Tiefeneffect bemerkbar machen, den Volkmann nicht

erwähnt. Dieser Tiefeneffect wird dann, meiner Meinung nach, dadurch bedingt, dass eine solche Augenstellung gewählt wird, bei der die Senkrechte des linken Feldes und die eine schräge Linie des anderen Feldes nicht auf die zusammengehörigen Mittelpunkte, sondern auf excentrisch gelegene seitliche Punkte der correspondirenden Empfindungskreise gebracht und dadurch im Sammelbilde combinirt wird. Sobald dieser Tiefeneffect wahrgenommen wird, erscheinen die beiden Linien des Sammelbildes auch nicht länger parallel, sondern die aus der Senkrechten und der schrägen combinirte Linie tritt, der Regel der Synergie der binocularen Parallaxe entsprechend, aus der Ebene des Papiers heraus. Es kann dann für die unmittelbar sinnliche Wahrnehmung nicht von einem Parallelismus der Linien des Sammelbildes die Rede sein. Die Beziehung der beiden im Sammelbilde wahrgenommenen Linien auf die Ebene des Papiers kann dann nur auf unsichere Weise durch eine psychische Abstraction zu Stande kommen, und es ist nicht möglich, den Parallelismus in der Ebene des Papiers vom Tiefeneffect so zu abstrahiren, dass die Wahrnehmung zwingend würde.

Volkmann's Versuch 39 unterscheidet sich von dem vorhergehenden dadurch, dass die Augenbewegungen nicht im Stande sind, die Verschiedenheiten der Einzelbilder im Sammelbilde auszugleichen. Es wird nämlich eine senkrechte Linie des linken Sehfeldes mit einem von zwei flachen parallelen Bogen combinirt. Der combinirte Bogen des Sammelbildes erscheint hierdurch verflacht, wie Volkmann angiebt; über den Parallelismus des aus der Senkrechten und dem Bogen combinirten Bogens des Sammelbildes mit dem anderen, nur mosaikartig in das Sammelbild eingetragenen Bogen, spricht Volkmann sich nicht aus, er zeichnet sie aber im Sammelbilde, S. Fig. 31, parallel. Es ist ihm sehr wahrscheinlich, dass Individualitäten vorkommen werden, bei welchen sich die Sammelbilder anders gestalten, als bei ihm, und er fügt schliesslich hinzu: „Sollte sich diese Vermuthung bestätigen, so würde sie nur einen neuen Beweis liefern, dass der Mangel an Uebereinstimmung zwischen dem realen Bilde der vereinigten Netzhäute

von der einen Seite und dem imaginären Bilde des Sehfeldes von der anderen Seite, welche den Punkt angiebt, um welchen sich alle stereoskopischen Erscheinungen drehen, nicht von Structurverhältnissen des Sehorgans, sondern von psychologischen Einflüssen abhänge."

Ich sehe dieses Object folgendermassen, wenn ich, je nach der gegenseitigen Entfernung der beiden Bilder, die Senkrechte mit dem einen oder dem anderen der beiden Bögen combinire. Die aus der senkrechten geraden Linie und dem flachen Bogen combinirte Linie erscheint nach vorn, aus der Ebene des Papiers heraus, gekrümmt, die Krümmung ist aber zugleich etwas nach links gewandt. Dies entspricht ganz der für die Synergie der binocularen Parallaxe allgemein gültigen Regel. Wenn der Beobachter auf den Tiefeneffect d. h. die Krümmung nach vorn, nicht aufmerksam geworden ist, sondern die Krümmung auf die Ebene des Papiers bezieht, so ist es ganz richtig, dass der Bogen verflacht erscheint. Der andere Bogen erscheint in der Ebene des Papiers, durch die Macht der Contur, mosaikartig so eingetragen, wie er sich im Einzelbilde findet. Es können aber die verschiedenen Beobachter in der That darüber in Zweifel sein, ob die gleiche Krümmung oder der Parallelismus mit der anderen krummen Linie im Sammelbilde zur Geltung kommt; denn die sinnliche Empfindung der Krümmung der combinirten Linie nach vorn drängt sich auch dann dem Beobachter auf, wenn sie nicht als solche vom Bewusstsein aufgefasst und gewürdigt wird, weil ihr nicht die nöthige Aufmerksamkeit zugewandt wurde. [1]) Ein schräg nach vorn

---

1) Viele Menschen kennen die Empfindung der binocularen Parallaxe nicht als eine besondere und ganz eigenthümliche Empfindung, bevor sie sie von den anderen sinnlichen Momenten, welche das Urtheil über Tiefe und Abstand bestimmen helfen, isolirt kennen gelernt haben. Sie behaupten oft hartnäckig mit einem Auge die Tiefe eben so wohl als mit zweien wahrzunehmen. Wenn man solchen Leuten aber zuerst die von Halske zuerst angegebenen beweglichen stereoskopischen Objecte, und dann ganz einfache Objecte zeigt, worin nur der specifisch binoculare Tiefeneffect zur Geltung kommt, so lernen sie sehr bald dieselbe auch in den complicirten Bildern als besondere Em-

gekrümmter Bogen, wie er hier empfunden wird, kann aber mit einem nur seitlich gekrümmten Bogen weder rücksichtlich der Krümmung, noch rücksichtlich des, auf die Ebene des nur seitlich gekrümmten Bogens bezogenen Parallelismus mit Sicherheit verglichen werden. Es ist dieser Versuch daher in der That ganz geeignet, das Urtheil verschiedener Beobachter zu verwirren und dem entsprechend verschiedene Beschreibungen des trotz seiner scheinbaren Einfachheit doch wirklich so complicirten Sammelbildes zu veranlassen. Bei allen Beobachtern ist aber doch, meiner Erfahrung zufolge, eine Verständigung über das in diesem wie in jedem Sammelbilde wirklich Wahrnehmbare möglich, wenn sie auf die verschiedenen zu berücksichtigenden Momente aufmerksam gemacht werden, 1) auf die verschiedenen möglichen Einstellungen der Augen, die Motive, wodurch dieselben veranlasst werden, und die Erfolge für das Sammelbild; 2) auf die von der Synergie des Einfachsehens (oder von den correspondirenden Empfindungskreisen) abhängigen Formveränderungen des mit der Senkrechten combinirten flachen Bogens, sofern dieselbe auf die Ebene des Papiers bezogen gedacht wird; 3) auf die von der Synergie der binocularen Parallaxe abhängige Krümmung des combinirten Bogens schräg nach vorn, und endlich 4) auf die einfache mosaikartige Eintragung des anderen nicht combinirten Bogens in seiner ursprünglichen Gestalt und Lage in die Ebene des Papiers, durch die Macht der Contur. Wenn es gelungen ist, die verschiedenen Beobachter auf alle diese in Betracht kommenden Momente aufmerksam zu machen, so überzeugt man sich, dass sie Alle von vorn herein dasselbe gesehen und empfunden haben, dass ihre verschiedenen Beschreibungen nur davon herrührten, dass sie nicht von vorn herein auf Alles das, was in Betracht kommt, aufmerksam geworden waren, und dass ihre Urtheile und Angaben eben hierdurch verwirrt und einander widersprechend wurden. — Die verschiedenen Beschreibungen dieses Sammelbildes, für welches Volkmann übrigens

pfindungsweise kennen, der sie nur bisher keine specielle Aufmerksamkeit geschenkt hatten.

keine psychische Erklärung bisher versucht hat, beweisen also keineswegs, wie Volkmann meint, dass der Mangel an Uebereinstimmung der einzelnen Netzhautbilder einerseits und des binocularen Sammelbildes andererseits von psychischen Einflüssen abhängt.

Es dürfte aus vorstehender Analyse der trotz ihrer scheinbaren Einfachheit doch mehr oder weniger complicirten Versuche Volkmann's hervorgehen, dass dieselben durchaus nicht beweisen, was sie beweisen sollen, nämlich, dass die Unterschiede, welche das binoculare Sammelbild bei Vergleichung mit den einzelnen Netzhautbildern darbietet, von psychischen Thätigkeiten abhängen sollten. Es lassen sich dieselben vielmehr ganz ungezwungen auf diejenigen unmittelbar sinnlichen und somit in der Organisation begründeten Momente zurückführen, welche bei der experimentellen Analyse des gemeinschaftlichen Gesichtsfeldes festgestellt wurden. Die Gründe, welche ich, auf möglichst vereinfachte Versuche gestützt, gegen die exclusiv psychischen Erklärungen beigebracht, und die Beweise, die ich für den Antheil der unmittelbaren Sinnlichkeit an diesen Erscheinungen aufgeführt habe, sind aber von Volkmann gar nicht berührt worden. Insofern es also Volkmann's Absicht gewesen ist, seine freilich sehr bequemen und sehr elastischen, meiner Ueberzeugung nach aber auch sehr unwahren und illusorischen Erklärungen durch seine neuen Versuche zu retten, so ist seine Vertheidigung eben so verfehlt zu nennen, wie sein Angriff auf meine, von jeder Erklärung unabhängige, rein empirische Aufstellung der correspondirenden Empfindungskreise, bezüglich deren er nur eine von ihm selbst erfundene, mir aber völlig fremde, von ihm sogenannte anatomische Hypothese wirklich widerlegt hat.

Um neuen Missverständnissen vorzubeugen, sei es mir hier nun noch schliesslich erlaubt, ein paar allgemeine Bemerkungen hinzuzufügen.

Indem ich versucht habe, die Erscheinungen des Binocularsehens auf die Grundlage gewisser eigenthümlicher unmittelbarer Sinnlichkeitsweisen zurückzuführen, die nur beim Sehen mit zwei Augen möglich sind, so habe ich damit natürlich

keineswegs einen sehr grossen Einfluss der psychischen Thätigkeiten auf die Wahrnehmungen geläugnet. Dieser Einfluss ist, meiner Meinung nach, ein doppelter. Einerseits vermögen wir durch geistige Thätigkeit zum Theil die Bedingung für diese oder jene unmittelbare Empfindung herbeizuführen, indem die Augenstellung zum Theil (aber freilich nicht ausschliesslich) durch sie bestimmt wird. Andererseits sind es aber auch psychische Thätigkeiten, durch welche Vorstellungen und Begriffe (zum Theil ohne dass wir uns des dabei stattfindenden Denkacts bewusst sind) aufgebaut werden. Die unmittelbaren Empfindungen können von der Seele oft auf verschiedene Weise verwerthet werden, und es können daher aus denselben unmittelbaren Empfindungen verschiedene Vorstellungen und Begriffe resultiren, aber doch nur insofern, als diese Constructionen der Seele nicht mit der unmittelbaren Sinnlichkeit in Widerspruch kommen. Die unmittelbar sinnlichen Eindrücke können auch von der Seele durch Ableiten der Aufmerksamkeit ignorirt werden, sie machen sich aber immer wieder in derselben unwandelbaren Weise geltend, sobald man ihnen die Aufmerksamkeit zuwendet. Der Beobachter ist alsdann gezwungen, sie so und nicht anders zu sehen, wie sie von der unmittelbaren Sinnlichkeit percipirt werden. Es sind die auf die sinnlichen Empfindungen gestützten Vorstellungen und Begriffe mithin, innerhalb der durch die unmittelbare Sinnlichkeit gesetzten Grenzen, wandelbar und veränderlich. Die unter gegebenen Umständen vorhandenen, unmittelbar sinnlichen Eindrücke oder Empfindungen sind aber durch ihre Unwandelbarkeit und durch den unerbittlichen Zwang charakterisirt, durch welchen sie allen Bemühungen unserer Psyche Trotz bieten, wenn diese ein anderes Resultat herauszubringen sucht, als das durch die unmittelbare Sinnlichkeit gebotene, oft der Wirklichkeit und der vorgefassten Meinung widersprechende. Diese Charaktere müssen uns, meine ich, leiten, wenn wir versuchen wollen, zu unterscheiden, wie viel von unseren Wahrnehmungen auf unmittelbarer Sinnlichkeit beruht, und wie viel die psychischen Thätigkeiten bei der Con-

struction von Vorstellungen und Begriffen hinzugethan haben. Nur wenn wir consequent diesen Charakter der unmittelbaren Sinneseindrücke einerseits und andererseits der aus ihnen abgeleiteten Vorstellungen und Begriffe festhalten, können wir, meiner Meinung nach, diese von jenen unterscheiden, und die Grenzen der Psychologie und der Physiologie in diesem Gebiete richtig abstecken.

Die Aufstellung der vier oben angeführten, dem Binocularsehen eigenthümlichen specifischen unmittelbaren Sinnesempfindungen: der Synergie der Farbenmischung, des Alternirens, des Einfachsehens durch correspondirende Empfindungskreise und der binocularen Parallaxe betrachte ich insofern nur als eine vorläufige, als die Beziehungen dieser specifischen Sinnesenergien zu einander, so wie zum binocularen Reflexinstinct, zur Macht der Contur und zur Macht der der Contur zunächst anliegenden Grundfärbung, noch nicht in erschöpfender Weise festgestellt sind. Ich habe darüber nur einige Andeutungen geben können. So habe ich nachgewiesen, dass bei dem abwechselnden Verlöschen und wieder Sichtbarwerden derjenigen Stellen, wo verschiedenartige Conturen im Sammelbilde einander kreuzen oder berühren, einerseits die Macht der Contur und andererseits die der Contur des anderen Bildes anliegende Grundfärbung ungleiche Componenten abgeben, welche theils die bei verschiedenen sehr lebhaften Farben so hervortretende binoculare Synergie des Alternirens zur Geltung kommen lassen, theils aber im verwischten Bilde eine Mischempfindung, ganz derjenigen entsprechend, welche bei verschiedenen, recht matten Farben als binoculare Farbenmischung so deutlich ist, und welche ich daher der binocularen Synergie der Farbenmischung zugerechnet habe. — Ferner habe ich auf die genaue Beziehung des binocularen Reflexinstincts, bei welchem nur senkrechte oder schräge Linien dominirende Objecte abgeben, zur Synergie der binocularen Parallaxe hingewiesen, welche ebenfalls nur bei senkrechten oder schrägen, nicht aber bei horizontalen Linien zur Geltung kommen. Endlich habe ich bezüglich der binocularen Synergie des Einfachsehens durch correspondirende Empfindungskreise die Frage aufgewor-

fen, ob sie nicht vielleicht auf das Unterdrücktwerden der einen Contur durch die ihrer Componente anliegende Grundfärbung, also auf die Macht der der Contur anliegenden Grundfärbung zurückgeführt werden könnte? Dieselbe Frage wurde später von Bergmann aufgeworfen. Die experimentelle Untersuchung ergab aber, dieser Supposition gegenüber, ein negatives Resultat, indem zwei beiderseits ungleichfarbige Linien im Sammelbilde beide in der Mischfarbe erscheinen, indem ferner Schraffirungen am äusseren Rande der engen und am inneren Rande der weiten Doppellinien ein Sammelbild ergeben, worin beide Linien auf beiden Seiten, innen und aussen, schraffirt erscheinen, und indem endlich sich der specifisch binoculare Tiefeneffect bei Abstandsdifferenzen in horizontaler Richtung geltend macht. Hieraus ging also hervor, dass nicht die eine Linie einfach unsichtbar geworden war. Man könnte aber ferner noch, wie Hasner es gethan, die Frage aufwerfen, ob nicht die Synergie des Einfachsehens durch correspondirende Empfindungskreise auf die Synergie der binocularen Parallaxe zurückgeführt werden könnte? Für das Einfachsehen solcher beiderseitig ungleichen, einfachen oder doppelten Conturen, bei welchen die Abweichung auf kleine Abstandsdifferenzen der zusammengehörigen Punkte in horizontaler Richtung zurückzuführen sind, würde diese Annahme in der That sehr gut zutreffen. Folgender von Herrn Dr. Lehmann hierselbst mir angegebene Versuch, den ich durchaus constatiren kann, schien auf den ersten Blick sehr für eine solche Zurückführung der binocularen Synergie des Einfachsehens durch correspondirende Empfindungskreise auf die Synergie der binocularen Parallaxe zu sprechen: Man fertigt ein in horizontaler Richtung verschiebbares Object an, in welchem jederseits eine gleiche Senkrechte und ein Punkt so angebracht sind, dass die beiderseitigen Punkte in gleicher Höhe, beiderseits links oder beiderseits rechts neben der Senkrechten liegen, und dass die Entfernung der beiderseitigen Punkte von einander um 1 bis 2 Mm. grösser ist, als die Entfernung der beiderseitigen Linien von einander. Bei stereoskopischer Betrachtung dieses Objects erscheint nun beim Fixiren der beiderseitigen Senkrechten der

Punkt doppelt, die Linie aber noch einfach, wenn man die beiderseitigen Bilder über ein gewisses Maass hinaus von einander entfernt. Treibt man die Entfernung der beiderseitigen Bider noch um ein Weniges weiter, so entstehen Doppelbilder, sowohl der Punkte als auch der senkrechten Linien. Dieses liesse sich, so scheint es beim ersten Blick, so deuten, dass das Doppelbild des Punktes auftrete, wenn die beiderseitige Entfernung der Bilder denjenigen Grad erreicht hätte, wo die Projectionslinien der Senkrechten noch im Raum mit einander zusammenstossen könnten, während die Projectionslinien der weiter von einander entfernten Punkte bereits divergirten, also nicht im Raum zusammentreffen würden, und man könnte meinen, dass dies der Grund des Auftretens des Doppelbildes sei, während die Linie noch einfach erscheint. (Vgl. obige Fig. 56 S. 76.) Dass indess die Synergie des Einfachsehens doch nicht einfach auf die Synergie der binocularen Parallaxe zurückgeführt werden kann, sondern von ihr unabhängig ist, geht daraus hervor, dass auch horizontale Doppellinien, von ungleicher Abstandsdifferenz in senkrechter Richtung, vollkommen einfach, aber ohne Tiefeneffect im Sammelbilde gesehen werden (Siehe meine grössere Schrift S. 66 Fig. 38). Dieser interessante Versuch Lehmann's, der auf den ersten Blick die Selbständigkeit der Synergie des Einfachsehens durch correspondirende Kreise zu bedrohen schien, enthält aber bei genauerer Untersuchung gerade eine schöne Bestätigung derselben. Wenn man sich nämlich bemüht die beiderseitigen Senkrechten zu fixiren, während sie sich seitlich von einander entfernen, so muss endlich nothwendig eine Stellung eintreten, bei der es nicht mehr möglich ist die Augen so auf das Object einzustellen, dass die Bildpunkte, die wir fixiren wollen, auf die Mittelpunkte der correspondirenden Empfindungskreise gebracht werden können. Es fallen dann nothwendig die Netzhautbilder der Senkrechten, die wir zu fixiren uns bemühen, auf peripherische Partieen der beiderseitig correspondirenden Empfindungskreise, und sie erscheinen hierbei im gemeinschaftlichen Gesichtsfelde noch einfach, eben durch die binoculare Synergie des Einfachsehens

durch correspondirende Empfindungskreise. Die beiden weiter von einander entfernten Punkte müssen alsdann aber schon beiderseits ausserhalb der Bezirke der correspondirenden Empfindungskreise fallen, und sie erscheinen dem entsprechend doppelt. Dass diese Erklärung des Lehmann'schen Versuches richtig ist, das geht aus folgenden Abänderungen desselben hervor. Wenn man die beiderseitigen Bilder desselben Objects einander so stark nähert, dass die Bilder bei einer ein wenig weiter gehenden Näherung als Doppelbilder aus einander fahren, so tritt zuerst das Doppelbild der senkrechten Linie auf, während die weiter von einander entfernten Punkte noch einfach erscheinen. Hierbei ist es gleichgültig, ob man sich bemüht, die beiderseitigen Senkrechten oder die beiderseitigen Punkte zu fixiren. Wenn man anstatt den Abstand der Punkte von einander grösser zu machen, als den gegenseitigen Abstand der Senkrechten, das Object so einrichtet, dass der Abstand der beiden Punkte von einander geringer ist, als der gegenseitige Abstand der beiden Senkrechten, so erscheinen, bei sehr grosser Entfernung der Bilder von einander (also bei möglichst paralleler oder divergenter Augenstellung) zuerst die Linien doppelt, während die Punkte noch einander decken; bei sehr grosser Näherung der Bilder an einander (also bei möglichst convergenter Augenstellung) erscheinen umgekehrt zuerst die Punkte doppelt, während die Linien noch einander decken.

Dieser Versuch ist mir darum besonders interessant, weil durch ihn das Verhältniss der empirischen Aufstellung der correspondirenden Empfindungskreise und der Synergie des Einfachsehens durch Vermittelung der wirklichen correspondirenden Empfindungskreise zu einander so bestimmt und richtig markirt wird. Es geht nämlich aus demselben hervor, dass die empirische Feststellung der Grenzen der correspondirenden Empfindungskreise durch Schwierigkeiten, welche es unmöglich machen die zusammengehörigen Netzhautbilder auf die Mittelpunkte der correspondirenden Empfindungskreise zu bringen (oder welche ein vollkommenes Fixiren verhindern), wesentlich beeinträchtigt werden kann. Hieraus folgt, dass die

Veränderlichkeit der empirisch gefundenen Durchmesser der correspondirenden Empfindungskreise bei verschiedenen Augenstellungen nicht beweist, dass die wirklichen correspondirenden Empfindungskreise ebenfalls in ihrer Grösse veränderderlich sind. Auch die bei demselben Individuum zu verschiedenen Zeiten wechselnde Grösse der empirisch gefundenen correspondirenden Empfindungskreise könnte davon abhängen, dass das Vermögen vollkommen, d. d. durch die Mittelpunkte der correspondirenden Empfindungskreise zu fixiren, zeitweiligen Veränderungen unterworfen wäre, und es könnten dann die wirklichen correspondirenden Empfindungskreise bei demselben Individuum, auf denselben Netzhautpartieen eine constante Grösse haben. Dasselbe Moment könnte vielleicht theilweise auch für die individuellen und bezüglich der Lage auf der Netzhaut localen Verschiedenheiten der empirisch gefundenen Empfindungskreise in Betracht kommen. — Es ist dieses Verhältniss der empirisch gefundenen und der wirklichen correspondirenden Empfindungskreise der Netzhäute in gewisser, aber freilich durchaus nicht in jeder Beziehung analog demjenigen Verhältnisse, das zwischen den empirisch gefundenen Empfindungskreisen der Haut und den idealen, theoretischen oder wirklichen Empfindungskreisen derselben z. B. der Auffassung Weber's zufolge besteht.

Vorläufig meine ich demnach, dass die binoculare Synergie des Einfachsehens durch correspondirende Empfindungskreise neben den oben angeführten specifischen binocularen Sinnessynergien und neben den drei anderen oben angeführten sinnlichen Momenten, der Macht der Contur, der Macht der der Contur zunächst anliegenden Grundfärbung und dem binocularen Reflexinstinct als selbständige binoculare Sinnesenergie aufrecht zu erhalten ist, bei voller Anerkennung des Einflusses der höheren Seelenthätigkeiten auf die Einstellung der Augen und auf die Bildung der Vorstellungen und Begriffe.

Die kolbenförmigen Gebilde in der Haut von *Petromyzon* und ihr Verhalten im polarisirten Lichte.

Von

Prof. Max Schultze in Bonn.

(Hierzu Taf. V. und VI.)

Kölliker beschreibt in dem ersten Hefte der Würzburger naturwissenschaftlichen Zeitschrift 1860. S. 6 ff. unter den verschiedenen Epithelialzellen der Neunaugen eine sehr eigenthümliche Form, welche er mit dem Namen Schleimzellen belegt. Es sind flaschen- oder kolbenförmige Gebilde, welche mit ihrer Längsaxe senkrecht auf die Oberfläche der Lederhaut gerichtet und in grosser Zahl und in ziemlich gleichen Abständen in die Epidermis eingebettet sind.

Ich kenne die in Rede stehenden Zellen der Haut von *Petromyzon fluviatilis* schon seit mehreren Jahren und habe sie als eine grosse Merkwürdigkeit Bekannten wiederholt gezeigt.[1]) Aber die in Halle gelegentlich angestellten Beobachtungen konnte ich erst hier in Bonn, als ich wieder einmal lebende Neunaugen und zwar von Wesel erhielt, vervollständigen. Mit Kölliker's Ansicht, nach welcher die Zellen eine Beziehung zur Schleimsecretion der Haut haben sollten, stehen meine Beobachtungen in directem Widerspruch, so dass ich schon deshalb mich verpflichtet fühle, die Aufmerksamkeit der Histiologen für diese Gebilde noch einmal in Anspruch zu nehmen. Weiter bieten dieselben so viele von Kölliker übersehene Eigenthümlichkeiten von allgemein histiologischem Interesse, dass eine recht ausführliche Beschäftigung mit denselben nach manchen Seiten hin helle Streiflichter werfen kann.

---

1) Kölliker erzählte ich von denselben bei dessen Besuch in Halle im Frühjahr 1858.

Wie die beigefügten Abbildungen, Fig. 1, 2, 3, am besten zeigen und Kölliker richtig beschreibt, haben die Gebilde ungefähr die Form eines Thränenfläschchens der römischen Gräber. Einem rundlich abgesetzten mehr oder weniger bauchigen Körper, in dessen Innern fast immer zwei rundliche Kerne dicht neben einander liegen, schliesst sich ein in Länge und Dicke variirender Hals an, welcher entweder breit abgestutzt, ähnlich dem umgebogenen Rande eines Flaschenhalses, oder seltener fein ausgezogen (Fig. 3), schliesslich aber doch wieder abgestutzt endigt. Kölliker giebt weiter an, dass ihre Lage der Art sei, dass sie mit dem letzterwähnten vielleicht offenen Ende an die Oberfläche der Haut heranragen, mit dem anderen bauchig geschlossenen der Lederhaut zugewandt sind. In der That ist die Lage die umgekehrte, wie jeder Querschnitt durch die gehärtete Epidermis zeigt. Das abgestutzte Ende des Flaschenhalses steht genau auf der Lederhaut auf, und der Kolben der Keule liegt je nach der Länge der Gebilde näher oder ferner der Oberfläche der Epidermis. Doch erreicht er letztere nie vollständig, ist vielmehr hier von gemeinen Epidermiszellen mit Porencanälen bedeckt (vgl. Fig. 4).

Kölliker nannte die Gebilde Schleimzellen, offenbar um sie den secernirenden Zellen der Haut anderer Thiere (einzelligen Drüsen) zu vergleichen. Das Secret solle durch grössere oder kleinere Oeffnungen (Porencanäle) am abgestutzten Ende des Halses nach aussen gelangen. Da dieses Ende aber, der Kölliker'schen Beschreibung entgegen, nicht nach oben, sondern der Lederhaut zugewandt ist, kann an einen Vergleich mit einzelligen Drüsen nicht gedacht werden, und führen uns denn auch die feineren histiologischen Verhältnisse der vermeintlichen Schleimzellen auf ganz andere Wege.

Die Kolben, wie wir die in Rede stehenden zelligen Gebilde nennen wollen, zeichnen sich schon im frischen Zustande, in welchem sie sich nur schwer isoliren lassen, durch einen eigenthümlichen Glanz, bedingt durch starke Lichtbrechung, aus. Von Protoplasma, d. h. von weichem, körnigem Zelleninhalte ist an denselben durchweg nur ein kleiner Rest übrig.

Dieser liegt in dem oberen dicken Theile, meist ziemlich nahe oder dicht an dem abgerundeten Ende, und umschliesst gewöhnlich zwei rundlich ovale Kerne, in deren Innerem meist je ein Kernkörperchen recht deutlich hervortritt. Die Umgebung dieses Protoplasmaklümpchens, sowie der ganze halsartige Theil der Kolben ist dagegen aus einer homogenen, stark lichtbrechenden, ziemlich festen Masse gebildet.[1]) Dieselbe scheint ihren Ursprung einer allmähligen von aussen nach innen vorschreitenden Verdichtung der Zellsubstanz — des Protoplasma's — zu verdanken, bei welcher schliesslich das Zellenlumen bis auf die erwähnte Kernhöhle geschwunden ist. Hie und da bleibt auch in der Axe des Halses der Kolben ein stellenweis unterbrochener Rest der ursprünglichen Zellhöhle übrig (Fig. 3), in welchem sich Ueberreste des körnigen Protoplasma vorfinden, wie auch Kölliker gesehen hat. Für eine Entstehung der Kolben aus allmählig fortschreitender Verdichtung des Protoplasma spricht auch die ebenfalls von Kölliker beschriebene concentrische Streifung, die man in der dichten Substanz der Gebilde wahrnimmt. An frischen Präparaten nur ausnahmsweise, an Spirituspräparaten dagegen constant und sehr deutlich tritt eine Streifung in dem angeschwollenen Ende der Kolben hervor, unregelmässig concentrisch um das Klümpchen unveränderten Protoplasma's. Da dieses meist excentrisch dem oberen Ende der Kolben ganz nahe liegt, so sind die Schichtungslinien, wie wir die Streifen vorläufig nennen wollen, auch nicht ganz kreisförmig, bleiben vielmehr noch oben offen (Fig. 2). Gegen den Hals der Kolben werden die Schichtungslinien unregelmässig und gehen in eine meist undeutlichere Längsstreifung über. Solche Spirituspräparate erscheinen dem Ansehen frischer gegenüber etwas geschrumpft, die äusseren Conturen wellig, übrigens viel schärfer und dunkler als im frischen Zustande, ein Beweis, dass die Masse noch stärkere Lichtbrechung angenommen hat.

---

1) Diese Masse verhält sich gegen Kalilauge von 32—35pCt. wie die Substanz der Muskelfasern, so dass eine kurze Maceration der frischen Epidermis in der genannten Kalilauge vortrefflich zur Isolirung der Kolben dient.

Dem frischen Zustande ähnlicher erhalten sich die Kolben in dünnen Chromsäurelösungen ($^1/_4$ Gran) oder besser bei allmähliger Erhärtung in doppelt chromsaurem Kali, 2—4 Gran auf die Unze Wasser. Für diese Erhärtungsmethode ist, wie in anderen Fällen, zu berücksichtigen, dass für gewöhnlich nur kleine Stücke des Gewebes und diese in verhältnissmässig viel Flüssigkeit eingelegt werden müssen. Die Epidermis solcher Präparate zerfällt meist sehr leicht in ihre einzelnen Elemente, und unter diesen zeichnen sich dann, neben den später auch noch zu erwähnenden von Kölliker sogenannten Körnerzellen, die Kolben deutlich aus. Sie sind etwas stärker lichtbrechend als im frischen Zustande, ihre Gestalt ist aber vollkommen unverändert, ebenso das homogene Ansehn des verdichteten und das körnige des die Kerne umschliessenden Protoplasma. Namentlich ist von den Schichtstreifen, wie sie an Spirituspräparaten zu sehen sind, Nichts wahrzunehmen. Dagegen tritt eine höchst eigenthümliche, von Kölliker nicht erwähnte Structur an diesen Kolben entgegen, nämlich eine feine, parallele Querstreifung des Halses (Fig. 1 und 3). Dieselbe ist an einzelnen deutlicher als an anderen zu sehen, oft sehr scharf, immer jedoch erst bei klarer 3—400maliger Vergrösserung zu erkennen. Es sind feine Parallellinien, welche dicht nebeneinander den halsartigen Theil der Kolben so umkreisen und durchsetzen, wie die Querstreifen ein Muskelprimitivbündel. Wie hier liegen sie nicht bloss in der Oberfläche, sondern sind der Ausdruck einer die ganze Dicke des Gebildes betreffenden Differenzirung. In der That haben wir es, wie bei den Muskeln, mit abwechselnden Scheiben einer das Licht stärker und einer schwächer brechenden Substanz zu thun. Betrachtung bei starken 6—800mal. Vergrösserungen, z. B. mit den nicht genug zu rühmenden neuen Hartnack'schen Linsen No. 9 und 10 à immersion (nach Art der stärksten Amici-schen in Wasser zu tauchen) lässt die Schichtung aus verschieden stark lichtbrechenden Scheiben erkennen, und die Anwendung des Polarisationsapparates lehrt, dass diese Scheiben, wie nach Brücke's Entdeckung bei den Muskeln, abwechselnd einfach und doppeltbrechend sind. Um diese

Thatsache zu constatiren, bedarf es ausser der starken Vergrösserung der von Hugo von Mohl dem Polarisationsapparate zugefügten Beleuchtungslinse. Dieselbe bietet, wie ich schon an einem anderen Orte erwähnt habe,[1]) den grössten Vortheil bei allen schwierigeren Untersuchungen mit dem Polarisationsapparat. Die Kolbenhälse haben eine optische Axe in der Längsrichtung und verhalten sich in Beziehung auf diese optisch positiv, wie die Muskelprimitivbündel. Ich habe die Versuche mit den Quarzprismen nach Brücke's Methode gemacht.

Dass die Kolbenhälse die gleiche optische Wirkung wie Muskelfasern ausüben, davon kann man sich am leichtesten überzeugen, wenn man sie untersucht, nachdem man zwischen die Nicol'schen Prismen ein Glimmerblättchen eingeschoben, welches das Roth erster Ordnung giebt und dasselbe so orientirt, dass es bei gekreuzten Prismen das Maximum der Helligkeit liefert. Die Hälse der Kolben erscheinen dann, wenn sie mit ihrer Längsaxe einen Winkel von 45° zu den Polarisationsebenen der Prismen bilden, blau oder gelb wie Muskelfasern in gleicher Lage. Fig. 7 a und a' stellt ein Paar solcher Kolben auf rothem Grunde dar, bei welchem Bilde das Glimmerblättchen ebenso gelagert war, wie bei dem Versuche, nach welchem Brücke's vortreffliche Darstellungen der blauen und gelben Muskelfasern angefertigt sind.[2]) Bei 800mal. Vergrösserung erscheint ein Kolbenhals, an welchem die Scheibenschichtung recht deutlich ist (bei gleicher Lage des Glimmerblättchens wie vorhin), wie Fig. 7 b, abwechselnd roth und blau gebändert, in welchem Bilde die rothen Schichten natürlich den Scheiben einfach brechender Substanz entsprechen.

Gleicht insoweit der Hals der Kolben einem Muskelprimitivbündel, so unterscheidet er sich von einem solchen zunächst dadurch, dass die Differenzirung in Scheiben eine so scharfe

1) Die Hyalonemen. Ein Beitrag zur Naturgeschichte der Spongien. Bonn 1860. S. 18.

2) Untersuchungen über den Bau der Muskelfasern mit Hülfe des polarisirten Lichtes. Wien 1858.

nicht ist, wie bei den reifen quergestreiften Muskelfasern. Schon dass im frischen Zustande an den Kolben von den Querstreifen Nichts oder nur sehr wenig zu sehen ist, diese vielmehr erst bei möglichst gleichmässiger Erhärtung durch Kali bichromicum scharf hervortreten, giebt ein Zeugniss, dass die Differenzirung in den betreffenden Gebilden, wenn auch auf dem Wege zur Ausbildung von Muskelstructur, sich doch nur erst mit den embryonalen Anfängen zu solcher vergleichen lässt, wie sie als allmählige Metamorphose des Protoplasmas der Muskelzellen bei Embryonen zu beobachten ist. Dass aber eine Vergleichung mit Muskelsubstanz auch abgesehen von den optischen Verhältnissen und der Structur zulässig sei, lehrt die chemische Beschaffenheit der Kolben. Dieselben bestehen aus einer eiweissartigen Substanz von eigenthümlicher Consistenz, wie wir sie ausser von den Muskeln höchstens noch von der Axencylindersubstanz der Nerven kennen. In Zucker und Schwefelsäure färben sie sich intensiv roth, in sehr verdünnter Salzsäure werden sie blass und quellen auf, dabei geht ebenso wie beim Aufquellen in Essigsäure und verdünnten Alkalien die Fähigkeit das Licht doppelt zu brechen, verloren. Eine Absonderung in Scheiben kommt bei Behandlung mit Salzsäure 1 pro Mille nicht zum Vorschein, die Substanz quillt scheinbar gleichmässig an. Lässt man dagegen verdünnte Salzsäure auf Kolben, die vorher in mässig concentrirten Lösungen von Kali bichromicum erhärtet waren, einwirken, so tritt die Querstreifung ausserordentlich deutlich hervor. Im frischen Zustande hat also die doppeltbrechende Substanz die Resistenz der gleichen in den Muskeln gegen verdünnte Salzsäure noch nicht erreicht. Bekanntlich ist diese Resistenz der Muskeln nach dem Alter der Thiere sehr verschieden, und gelingt es bei Embryonen viel schwerer, die Bowman'schen Disc's darzustellen als bei Erwachsenen, indem sich bei ersteren schnell Alles löst, bei letzteren die doppeltbrechenden Scheiben dagegen länger persistiren, bis auch sie der lösenden Einwirkung der Salzsäure unterliegen.

Ein weiterer Unterschied zwischen einem Muskelbündel und dem Kolbenhalse besteht darin, dass in letzterem keine Spur

von Längsstreifung sichtbar, jedenfalls eine Differenzirung in Fasern vergleichbar den Muskelfibrillen nicht vorhanden ist. Auch fehlt eine Spaltbarkeit der Kolben in dieser Richtung ganz.

Wir haben oben die Beobachtungen bei polarisirtem Lichte nur mit Rücksicht auf den Hals der Kolben mitgetheilt. Complicirter werden die Erscheinungen in dem keulenförmig angeschwollenen Theile derselben. Liegen die Kolben wie in Fig. 7 a und a' dargestellt ist, so erkennt man, während der Hals eine gleichmässig blaue oder gelbe Farbe zeigt, im angeschwollenen Ende eines jeden eine Abwechselung von blau, gelb und roth, dass es schwer hält, sich in dieser scheinbaren Regellosigkeit zu orientiren. Zugänglicher wird uns die Erscheinung, wenn wir den Kolben so zu sagen auf den Kopf sehen, wenn wir ein Stückchen frischer oder erhärteter Epidermis abheben und so in der Fläche ausbreiten, dass die ursprünglich äussere Fläche nach oben, die innere nach unten auf den Objectträger zu liegen kommt. Stellen wir jetzt bei gekreuzten Nicols ohne Glimmerblättchen und mit mässig starker Vergrösserung ein, so erblicken wir auf dunklem Grunde eine grosse Zahl gleichmässig ausgestreuter heller Punkte, und einen jeden derselben, wie Fig. 7 c mit schwarzem Kreuz gezeichnet, die Kreuzschenkel in den Polarisationsebenen der Prismen. Das Bild ist ganz dasselbe wie bei regelmässig kugligen Amylonkörnern, und verdankt auch einer ähnlichen Ursache seine Entstehung, insofern als wir auch hier wie beim Amylon, namentlich deutlich an Spirituspräparaten, concentrische Linien im Inneren des doppelt brechenden Körpers finden, deren Mittelpunkt der Durchschnittspunkt der Kreuzschenkel ist. Legen wir ein Glimmerblatt wie das früher angewendete zwischen die Prismen unter das Object, so erscheint letzteres jetzt wie Fig. 7 d. Das schwarze Kreuz hat sich in ein rothes umgewandelt und die Quadranten erscheinen abwechselnd blau und gelb. Die Farbenstellung ist bei allen gleich, also bei der Lage des Glimmerblattes, die Brücke und ich anwandten, bei welcher eine Muskelfaser, welche schief von rechts oben nach links unten liegt blau, die rechtwinklig orientirte gelb erscheint, sind die Quadranten links oben und rechts unten

blau, die anderen gelb. Die Farbenstellung beim Amylon, dasselbe mag hergenommen sein, woher man will, ist stets die umgekehrte.

Das Kreuz, welches unsere Kolben aus der Haut von *Petromyzon* geben, gleicht demjenigen eines Körpers mit negativer Axe doppelter Brechung, also demjenigen des Kalkspathes. Hiervon kann man sich auf verschiedenen Wegen überzeugen. Zur Vergleichung bediente ich mich einiger in Canadabalsam eingelegter Polythalamienschalen mit nahezu kugligen Kammern, Globigerinen, deren jede Kammer der krystallinischen und zwar regelmässig strahligen Anordnung des Kalkes wegen ein schönes negatives Kreuz giebt. Die Farbenvertheilung innerhalb des ersten Ringes ist bei Anwendung des oft erwähnten rothen Glimmerblattes dieselbe, wie bei den Kolben, dieselbe wie bei der im Querschnitt ebenfalls ein negatives Kreuz gebenden Cellulosefaser (Bastzelle), dieselbe wie bei der Krystallinse des Auges und vielen anderen Körpern — während bei Körpern mit positiver Axe doppelter Brechung die Farbenstellung eine umgekehrte ist, vorausgesetzt dass die Glimmerplatte die gleiche Lage behielt. Ein gleiches Resultat in Betreff des Kreuzes der in Rede stehenden Kolben ergaben andere Prüfungsmittel, wie die Physiker sie anzuwenden gewohnt sind, z. B. die Einschaltung einer sehr dünnen Glimmerplatte zur Beobachtung der Verschiebung der Kreuzschenkel bei Drehung derselben.

Die Beobachtung einzelner Epidermisstücke von der Fläche im Polarisationsapparate ist das beste Mittel, die Menge und Vertheilung der Kolben in der Haut kennen zu lernen. Sie zeichnen sich bei Anwendung polarisirten Lichtes viel schärfer aus, als bei Beobachtung mit gewöhnlichem Lichte, wo sie zwar ihrer grösseren Durchsichtigkeit und homogenen Beschaffenheit wegen auffallen, welche Eigenschaften aber oft durch die über ihnen liegenden anderen Zellen verdeckt werden. Um die Kreuze mit voller Deutlichkeit zu sehen, muss stets die äussere Fläche der Epidermis nach oben gewandt liegen, und muss die Einstellung auf oder in die Nähe dieser oberen Fläche geschehen. Hat man die Epidermis umgekehrt auf den Object-

träger gebracht, so sieht man die der Lederhaut aufsitzenden Enden der Kolben oben frei liegen, denn sie reichen hier, wie oben auseinandergesetzt wurde, bis an die Grenze der Epidermis. Diese Enden zeigen aber bei Betrachtung im Polarisationsapparat kein Kreuz doppelter Brechung. Um letzteres auch bei dieser Lage der Epidermis zu sehen, muss der Tubus des Mikroskopes gesenkt werden, um die in der Tiefe verborgenen kolbigen Enden zu erreichen. Erst wenn diese richtig eingestellt sind, erscheint das Kreuz, aber getrübt.

Der Hals zeigt im Querschnitt keine Erscheinungen von Doppelbrechung, verhält sich also auch in dieser Beziehung wie ein Muskelprimitivbündel. Er besitzt eine optische Axe in der Längsrichtung und in Bezug auf diese ist er positiv.

Aber wie reimt sich damit das negative Kreuz im natürlichen oder künstlichen Querschnitt des oberen Endes?! Bisher sind Körper mit so eigenthümlichen Erscheinungen der Doppelbrechung nicht bekannt geworden. Dennoch sind unsere Kolben nicht die einzigen Gebilde dieser Art, es finden sich solche vielmehr in der organischen Natur sehr verbreitet und können auch leicht künstlich nachgemacht werden.

Der Baumwollenfaden, die durch Verdickungsschichten mehr oder minder vollständig ausgefüllten Bastzellen, lassen sich zur Vergleichung heranziehen. Hugo von Mohl, welcher zuerst die das Licht doppelt brechenden Pflanzentheile in negative und positive unterschied,[1] erkannte die Cellulosehohlkugel d. h. die Pflanzenzelle, gleichviel ob mit dicker oder dünner Wand und den künstlichen Querschnitt derselben, also auch den der langgestreckten Bastzelle, als negativ. Als er aber zugleich die Beobachtung machte, dass die Bastzelle oder der Baumwollenfaden im natürlichen Längsschnitt sich wie der von Brücke als positiv bestimmte Muskelfaden verhalte, meinte er, da nach seiner Bestimmung der Cellulosefaden negativ sei, müsse es der Muskelfaden auch sein. Mohl begnügte sich den Widerspruch zwischen seinen und den Beob-

1) Botanische Zeitung. 1858. No. 2. S. 11.

achtungen Brücke's zu constatiren, seine Beobachtungsmethode mitzutheilen[1]) und die Lösung des Räthsels einem Anderen zu überlassen. Die Methode der Bestimmung, ob ein Körper optisch positiv oder negativ, ist bei H. v. Mohl so richtig, wie bei Brücke. Es besteht in der That auch gar keine Differenz zwischen den Angaben beider Forscher. H. v. Mohl hat ganz Recht, wenn er sagt, der Querschnitt des Cellulosefadens ist negativ, er durfte daraus aber nicht schliessen, dass der Längsschnitt, natürlicher oder künstlicher, auch negativ sein müsse. Dieser ist vielmehr positiv wie die Muskelfaser.

Wenn ein doppeltbrechender Körper sich in der einen Richtung positiv und rechtwinklig darauf negativ zeigt, so heisst das, dieser Körper habe mindestens zwei optische Axen, welche rechtwinklig aufeinander stehen. Das Muskelprimitivbündel ist nach Brücke optisch einaxig, die Axe geht in der Längsrichtung des cylindrischen Fadens. Die solide gewordene Bastzelle, die Baumwollenfasern haben auch eine optische Axe in der Längsrichtung, denn der Querschnitt zeigt ein Kreuz, wie eine Kalkspathplatte, rechtwinklig auf die optische Axe geschliffen. Solche Fäden müssen aber nach dem Vorhergehenden, da sie sich im Längsschnitt mit Rücksicht auf die Längsaxe positiv, im Querschnitt dagegen mit negativem Kreuze zeigen, mindestens noch eine andere Axe doppelter Brechung rechtwinklig auf jene erste haben. Die Längsaxe ist das Centrum für die vollkommen gleichmässige concentrische Schichtung der Bastzelle. Danach ist, wenn wir eine verschwindend dünne Scheibe rechtwinklig auf die Längsaxe ablösen, die moleculäre Structur in der Richtung der Radien dieser Scheibe überall dieselbe. Keiner dieser Radien oder Durchmesser kann vor dem anderen einen Vorzug haben — wenn also in einer dieser Linien eine optische Axe liegen soll, müssen alle die Bedeutung von optischen Axen haben: welche Vorausetzung denn auch durch die Beobachtung bestätigt wird. Der gleichmässig concentrisch geschichtete Cellulosefaden besitzt ausser

---

1) Botanische Zeitung. 1858. No. 52. S. 375.

seiner Längsaxe noch unendlich viele Axen doppelter Brechung rechtwinklig auf jene.

Etwas ganz ähnliches findet statt bei einer gleichmässig geschichteten Kugel, sei dieselbe hohl wie eine Pflanzenzelle mit geschichteter Cellulosemembran oder solide wie ein Amylonkorn. Es fragt sich, wie viele optische Axen ein solches das Licht doppelt brechendes Gebilde habe. Es ist, wie ich glaube, nur die eine Annahme möglich, dass unendlich viele optische Axen vorhanden seien, welche alle durch das Schichtungscentrum hindurch gehen. Denn nach allen diesen Richtungen verhalten sich die in Rede stehenden Gebilde wesentlich gleich.

Es ist viel über die Ursache der Doppelbrechung solcher gleichmässig geschichteter organischer Gebilde gestritten worden. Es fragt sich, mit welcher der aus der anorganischen Natur bekannten Erscheinungen der Doppelbrechung jene zusammenzustellen sei. Eine Kugel mit unendlich vielen Axen doppelter Brechung erzeugt man bekanntlich aus einer homogenen Glaskugel, wenn man dieselbe von aussen her erwärmt oder abkühlt. Fixiren wir irgend einen Moment aus ihrer allmähligen Erwärmung oder Erkältung, also z. B. den, wo bei der Erwärmung eben das Centrum der Kugel die erste Einwirkung der eindringenden Wärme verspürt, während aussen noch eine stetige Zunahme der Wärme stattfindet, so haben wir es gewissermaassen mit einer geschichteten Kugel zu thun, welche in jeder Schicht eine andere Temperatur hat, und in Folge dessen sich durch und durch in einem Zustande moleculärer Spannung befindet. Diese Spannung wird für jede einzelne Schicht in einer Verschiedenheit zwischen radialen und tangentialen Zugkräften bestehen, und es müssen, wenn bei der Erwärmung von aussen her die tangentialen Zugkräfte überwiegend auftreten, bei der Erkältung die radialen die Oberhand gewinnen. Dieselbe Spannung aber lässt sich ebenso wie durch verschiedene Wärmegrade auch durch Druck von aussen oder von innen erzeugen. Druck von aussen ist gleich Erkältung von aussen und macht optisch negativ, Druck von innen bei einer Hohlkugel ist gleich der

Erwärmung von aussen und macht optisch positiv.[1]) Endlich, und dieser Fall dürfte für uns von besonderer Wichtigkeit sein, bedarf es, um die zur Doppelbrechung nothwendige Spannung in einer Kugel hervorzubringen, gar nicht einer stetig fortwirkenden äusseren oder inneren Ursache, wie Temperaturwechel oder Druck: es ist denkbar und kommt vor, dass die Einflüsse, welche bei der Entstehung der Kugel aus dünnen Schichten die Bildung jeder einzelnen Schicht beherrschten, der Art waren, dass diese Schichten alle in einem solchen Zustande der Spannung sich ablagerten, in einem solchen Kampf tangentialer und radialer Zugkräfte fest wurden, dass ihnen nun die Doppelbrechung als etwas Unveräusserliches inhärirt. Bleibt das Verhältniss dieser Kräfte zu einander in allen Schichten dasselbe, d. h. ist es dieselbe Kraft, welche bei Bildung aller Schichten die Oberhand behielt, so wird der so gebildete Körper durch und durch optisch positiv oder negativ sein. Wechseln aber die Kräfte einmal, so würde die Stelle, wo der Wechsel stattfand, eine neutrale Zone sein, von welcher nach der einen Seite negative, nach der anderen positive Doppelbrechung sich zeigte.

Solche bleibende Spannungsverhältnisse der einzelnen Schichten bietet das schnell gekühlte Glas dar — eben solche sind es nach meiner Meinung, denen die geschichteten aus Cellulose bestehenden Pflanzentheile, die Amylonkörner und viele andere ähnlich gebildete Körper ihre Fähigkeit das Licht doppelt zu brechen verdanken. Aber nicht blos diese Doppelbrechung schlechthin, sondern auch die Verschiedenheiten in Betreff des Einflusses auf den Gang des ordinären und des extraordinären Strahles — die Unterschiede zwischen optisch positiven und negativen Körpern — werden sich, wenn unsere Ansicht richtig ist, auf die Verschiedenheiten der Spannung ebenso zurückführen lassen müssen, wie wir dies für eine durch äussere Erwärmung positiv und durch Erkältung negativ gemachte ursprünglich homogene Glaskugel können. Das Amylonkorn ist positiv,

1) Vgl. Neumann, die Gesetze der Doppelbrechung des Lichtes u. s. w. in den Abhandl. der Akad. der Wiss. zu Berlin aus d. J. 1841. Th. 2.

nicht weil es aus Amylon besteht, wie H. von Mohl annehmen möchte, der die chemischen Verhältnisse offenbar zu sehr in den Vordergrund stellt, sondern weil die Genese des Amylonkornes es mit sich bringt, dass jede seiner Schichten eine solche moleculare Spannung besitzt, wie die Substanz einer von aussen erwärmten und in allmähliger Durchwärmung begriffenen Glaskugel. Diese Spannung ist dieselbe wie bei einer Hohlkugel, die von innen her gedrückt wird. Es ist von Wichtigkeit hier anführen zu können, dass nach der Ansicht der Botaniker die Centralsubstanz des Amylonkornes sich in einem Zustande der Quellung befindet,[1]) also einen Druck von innen nach aussen ausübt, welcher in Verbindung mit einem ähnlichen, den die ebenfalls gequollene Zwischensubstanz zwischen den Schichten ausübt, hinreichen dürfte, die Doppelbrechung im positiven Sinne hervorzurufen. Hiernach wird also Schacht gegen H. von Mohl in Schutz zu nehmen sein, indem in der That ganz unabhängig von der chemischen Zusammensetzung nur die Verhältnisse der molecularen Anordnung als Ursache der Doppelbrechung betrachtet werden können.

Von grosser Wichtigkeit ferner für Erklärungsversuche nach den angedeuteten Principien wird die Analyse der Entstehungs- und Wachsthumsvorgänge der betreffenden Körper sein. Lagert sich, aus flüssiger oder breiweicher Substanz erhärtend und dabei sich zusammenziehend, eine dünne Schicht einer Substanz auf die andere, so wird voraussichtlich ein Körper (er habe die Gestalt einer Kugel) mit negativen Axen doppelter Brechung entstehen, indem die Schichten sich in dem umgekehrten Spannungsverhältnisse befinden werden, als bei dem in jeder seiner Schichten von innen nach aussen gespannten Amylonkorn, welches positiv ist. Es fällt nicht schwer, solche kuglige Körper künstlich zu erzeugen. Ich

1) Vergl. u. A. Nägeli, die Stärkekörner, Zürich 1858 S. 297 und an vielen anderen Stellen. Dass das Wachsthum der Stärkekörner, wie Nägeli beweist, wesentlich durch Einlagerung nicht durch Auflagerung erfolgt, passt vortrefflich zu unseren obigen Betrachtungen.

wählte sehr dünnes Collodium, und indem ich auf eine stecknadelknopfgrosse Glaskugel, welche keine Doppelbrechung zeigte, nach einander viele Schichten desselben auftrug, erhielt ich nach kurzer Zeit eine das Licht sehr vollkommen doppelt brechende Kugel, welche sich negativ verhielt. Dabei erwähne ich, dass die zur Darstellung des Collodium verwandte Schiessbaumwolle auf dem Querschnitt ein positives Kreuz[1]) gab, woraus folgt, dass nicht die Beschaffenheit der Substanz selbst, nicht ihr chemisches Verhalten die Ursache der optischen Eigenschaften der künstlich erzeugten Collodiumhohlkugel war, welche in solchem Falle vielmehr auch ein positives Kreuz hätte geben müssen.

In einem ähnlichen Zustande der Spannung, wie bei der Collodiumhohlkugel, haben wir uns die Schichten der Cellulosemembranen der Pflanzenzellen zu denken, welche auch optisch negativ sind. Dieselbe erhärten auf und aus der Oberfläche des Protoplasmas, ziehen sich während dieser Erhärtung voraussichtlich etwas zusammen, wie wenn sie einem Druck von aussen ausgesetzt wären, und verhalten sich demnach negativ. Dass nach H. von Mohl aus der negativen Cellulose positive Kork- oder Cuticularsubstanz entstehen kann,[1]) ist weiterer Betrachtung sehr werth. Wenn nach den eben

---

1) Nach H. von Mohls Entdeckung wird das optische Verhalten der Baumwolle bei deren Umwandlung in Schiessbaumwolle so geändert, dass was vorher negativ war, jetzt positiv wird. Der Querschnitt der Baumwolle als eines geschichteten Cellulosefadens ist negativ, der Längsschnitt nach unserer Bestimmung (natürlicher oder künstlicher) positiv. Umgekehrt bei der Schiessbaumwolle. Schacht (Anatomie und Physiologie der Gewächse Th. II. S. 589) macht mit Recht darauf aufmerksam, dass die Umwandlung eine so allmählige ist, dass man bei sehr kurzer Einwirkung des Säuregemisches eine Schiessbaumwolle erzeugen kann, welche noch die ursprünglich der Baumwolle zukommende Art der Doppelbrechung, wenn auch in geschwächtem Maasse, besitze, oder welche gar keine Doppelbrechung zeige. Letzterer Zustand ist derjenige, wo eben das Positiv in Negativ umschlagen will. Der Zustand kann, wenn die Baumwolle zu rechter Zeit aus dem Säuregemisch herausgenommen wird, fixirt werden.

2) Siehe unter Anderem den citirten Aufsatz in der botanischen Zeitung S. 12.

ausgesprochenen Grundsätzen eine Erklärung dieser Veränderung gegeben werden soll, würde nachzuweisen sein, dass dieselbe mit einer Umänderung der Spannung der einzelnen Schichten in den umgekehrten Zustand als vorher Hand in Hand gehe. Dass dabei die nach H. von Mohls Beobachtungen in die persistirende Cellulose sich einlagernde fremde Substanz, die sich durch Kalilauge wieder herauslösen lässt, eine Rolle spiele, ist mehr als wahrscheinlich, und man könnte den Nachweis versuchen, dass diese Einlagerung eine ähnliche Umänderung der Spannungsverhältnisse zur Folge haben müsse, wie sie in den ebenfalls positiven Amylonkörnern bestehen, welche nach Nägeli's gründlichen Untersuchungen ja auch nur durch Einlagerung wachsen. So dürfte in einem ähnlichen Verhalten der Schlüssel zu der merkwürdigen Umänderung der optischen Eigenschaften bei Umwandlung von Baumwolle in Schiessbaumwolle zu suchen sein. Man hätte sich zu denken, dass durch Einwirkung der starken Säuren die Substanz zwischen den Celluloseschichten, die Substanz, auf deren Anwesenheit es beruht, dass man überhaupt Schichtstreifen auf dem Querschnitt sieht, einer starken Quellung, einer chemischen Veränderung mit Volumszunahme unterworfen sei, wobei ein ähnlicher Effect zu erwarten steht, wie beim Wachsthum der Stärkekörner durch Einlagerung, ein Effect, der den geschichteten Körper positiv macht.

Wenn ich mich in Betreff der Polarisationserscheinungen, welche organische Körper darbieten, an diesem Orte weitläufiger geäussert habe, als für mein ursprüngliche Aufgabe nothwendig erscheint, so geschah dies besonders deshalb, um den Widerspruch zwischen den Angaben von Mohl's und Brücke's in Betreff der Muskeln zu lösen, ohne welche Lösung die Erscheinungen an den Kolben der *Petromyzon*-Haut nicht verständlich geworden wären. Wir kehren jetzt zu diesen zurück. Nachdem wir den Hals der Kolben und dann die Ansicht derselben von oben bei natürlicher Lage im polarisirten Lichte betrachtet haben, können wir uns jetzt auch an die Deutung der etwas verwirrten Farbenerscheinungen machen, von denen oben bereits die Rede war, welche in dem keulen-

förmig angeschwollenen Theile auftreten bei Beobachtung derselben im natürlichen Längsschnitte und auf Roth gebender Glimmerplatte, wie sie in Fig. 7 a und a′ dargestellt sind.

Die Erscheinung hängt auf das Genaueste mit der Schichtung des keulenförmigen Theiles der Kolben zusammen. Die Schichten sind concentrisch um den am blinden Ende des Kolben befindlichen körnigen Protoplasmaklumpen. Dieser bricht das Licht nicht doppelt, erscheint also in der Farbe des Grundes. Derjenige Theil der geschichteten Masse, dessen Schichtstreifen von links oben nach rechts unten verlaufen, hat eine blaue, die entgegengesetzt verlaufenden Streifen zeigen sich dagegen mit gelber Farbe. Wo beide ineinander übergehen, die Schichtstreifen also die Richtung der Polarisationsebenen einhalten, tritt roth als Farbe des Grundes auf. Es ist also dieselbe Vertheilung der Farben, wie in den regelmässigeren Bildern Fig. 7 d, welche bei Betrachtung der Kolben von oben entworfen sind. Die Keulenenden der Kolben können für sich als Kugeln betrachtet werden, und müssen also, da ihre optischen Axen alle gleichwerthig sind, von jeder Seite betrachtet dasselbe negative Kreuz geben. Hier ist dieses nur sehr verwischt durch die allmählige Abweichung der Schichten. Jetzt wird zugleich verständlich, dass die Querstreifung des Halses nicht, wie Mancher glauben könnte, eine Fortsetzung der an der Uebergangsstelle von Kopf und Hals allerdings auch quer verlaufenden Schichtstreifen ist. Wäre dies der Fall, so würde in unserer Fig. 7 der Hals der Kolben die entgegengesetzte Farbe haben müssen, als er sie darbietet, nämlich statt blau gelb und umgekehrt. Der Hals der Kolben a ist blau, der des Kolben a′ gelb, wie diejenigen Stellen des Kolbenknopfes, in welchen die Schichten in der Längsrichtung verlaufen. Daraus geht hervor, dass wenn die Doppelbrechung im Kolbenhalse auch auf Schichtung beruht, diese in der Längsrichtung liege, wonach also die Querstreifung nicht von derselben Art Schichtung abhängig sein kann, wie sie im oberen Theile des Kolben existirt, vielmehr als Folge einer secundären Differenzirung zu deuten ist.

Hiermit ist unsere Beschreibung der Structur und optischen

Eigenschaften der Kolben zu Ende. Wer derselben gefolgt ist, wird zugeben müssen, dass wir es in ihnen mit höchst eigenthümlichen Gebilden zu thun haben. Und dass dieselben in der Epidermis liegen, deren Elementen man im Allgemeinen und mit Recht wenig Abwechselung in Betreff ihrer physiologischen Bedeutung zuschreibt, erhöht ihr Interesse. Die Aufmerksamkeit der Histologen ist zwar gerade in Betreff der Haut der Fische, zuerst durch Leydig's Angaben, auf mancherlei abweichende Zellenformen gelenkt worden (ich erinnere an die Schleimzellen Leydig's); solche wie die beschriebenen Structurverhältnisse waren aber bis dahin unbekannt. Um die Hauptsachen noch einmal kurz zu recapituliren, so haben wir es also zu thun mit einer besonderen Art von Epidermiszellen, welche zu kolbenförmigen Gebilden ausgewachsen sind, in regelmässiger Vertheilung über die ganze Haut selbst die der Flossen sich finden, und sämmtlich mit dem unteren Ende des Halses dicht auf der Lederhaut aufstehen, während der angeschwollene, abgerundete Theil bis unter die oberflächlichste Lage der Epidermiszellen reicht, von diesen aber stets noch bedeckt wird. So unterscheiden sie sich durch Form und Grösse ganz scharf von den benachbarten Zellen. Noch mehr verschieden sind sie aber von ihnen durch die eigenthümliche Umwandlung ihres Inhaltes oder besser der ganzen Zellsubstanz, denn eine Trennung von Membran und Inhalt ist an ihnen nicht ausführbar. Die Zellsubstanz ist zu einer homogenen, stark lichtbrechenden und doppelt brechenden Masse umgewandelt, von zäher, teigiger, im lebenden Zustande vielleicht halbflüssiger Consistenz. Nur ein kleiner Rest des körnigen Protoplasma ist übrig geblieben, schliesst am bauchig abgeschlossenen oberen Ende zwei Kerne ein, und setzt sich von da manchmal als feiner und öfter unterbrochener Strang durch die Mitte des Kolbenhalses nach abwärts fort, ohne aber das der Lederhaut aufgesetzte Ende zu erreichen. Um das obere Protoplasmaklümpchen herum sind in dieser verdichteten Masse, namentlich an Spirituspräparaten, sehr deutlich unregelmässige concentrische Schichtstreifen zu sehen,

im Halse sieht man dagegen besonders deutlich nach Erhärtung in Lösungen von Kali bichromicum in der homogenen Eiweisssubstanz sehr regelmässige Querstreifen, welche ein Ausdruck sind einer Differenzirung der Substanz in Scheiben abwechselnd verschiedener Art. In Betreff der Consistenz, der chemischen und der optischen Beschaffenheit ist die Aehnlichkeit im Gewebe des Kolbenhalses mit dem der quergestreiften Muskeln sehr gross. Unsere Beobachtungen geben geradezu den Beweis, dass die eigenthümliche Umwandlung des Protoplasma, welchem die contractile Substanz der Muskeln ihre Entstehung verdankt,[1]) auch in Zellen vorkommen könne, welche mit Muskeln und der ganzen skelettbildenden Schicht nichts zu thun haben — wie hier in der Epidermis. Ich will nicht wiederholen, was ich am angeführten Orte über die Entstehung der Muskelfasern gesagt habe, aber eines Punktes möchte ich hier noch Erwähnung thun. Verdankt, wie ich für nicht zweifelhaft halte, die contractile Substanz des Muskelprimitivbündels ihre Entstehung einer allmählig von aussen nach innen fortschreitenden Verdichtung des Protoplasma der embryonalen Muskelzelle, so könnte man den Vorgang in gewisser Hinsicht an die Seite stellen der durch innere Ablagerung von Verdickungsschichten allmählig von aussen nach innen fortschreitenden Erhärtung der Bastzellen der Pflanzen. Aus einer langgestreckten, cylindrischen, fadenförmigen, ursprünglich dünnwandigen Zelle wird nach und nach eine solide oder fast solide Cellulosefaser, deren Axencanal, wenn ein solcher vorhanden, einen kleinen Rest des ursprünglichen, nach und nach fast vollständig in Cellulose umgewandelten Protoplasma enthält. Allerdings ist die chemische Verschiedenheit zwischen Cellulose und eiweissartigem Protoplasma grösser als zwischen contractiler Muskelsubstanz und Protoplasma. Aber doch wird zugegeben werden müssen, dass in dem Gange der allmähligen Veränderungen anscheinend eine grosse Aehnlichkeit bestehe. Dennoch haben wir, ganz abgesehen vom chemischen, auch in dem rein morphologischen Vorgange bedeutende Verschiedenheiten zu

1) Vergl. meinen Aufsatz im vorigen Hefte dieses Archivs.

constatiren. Die Untersuchung mit dem polarisirten Lichte hilft uns dieselben erkennen. Der Querschnitt des Muskelprimitivbündels, eine planparallele, rechtwinklig auf die Längsaxe geschnittene Platte desselben, zeigt unter dem Polarisationsmikroskop keinerlei Spuren doppelter Brechung. Wir schliessen daraus, dass die Längsaxe zugleich eine optische Axe sei.[1]) Eine ähnliche Platte aus einem Cellulosefaden geschnitten, z. B. aus den fast soliden Bastzellen des Lorbeer oder mancher Euphorbien zeigt dagegen im Polarisationsmikroskope ein regelmässiges Kreuz, dessen Kreuzungspunkt das Centrum der Schichtung ist. Hieraus folgt, dass in der Längsrichtung, wie beim Muskelprimitivbündel, auch eine optische Axe liegt. Worin beruht nun aber die Verschiedenheit beider Schnitte? Offenbar darin, dass bei der Bastfaser Alles genau concentrisch um die Längsaxe angeordnet, die moleculäre Structur eine solche geworden ist, dass in der Richtung der Radien jeder beliebigen kreisförmig begrenzten Querebene Linien gleicher moleculärer Anordnung, optische Axen, existiren, wie wir deren Vorhandensein oben bereits bewiesen haben: während die Muskelfaser von solcher gleichmässig concentrischen Schichtung Nichts besitzt, daher auch keine optischen Axen in der radialen Richtung des Querschnittes angenommen werden können. Wie schon Brücke hervorhob, kann die Doppelbrechung der Muskelfaser abgeleitet werden von ihrer Zusammensetzung aus kleinen doppeltbrechenden Körperchen, die er mit dem Namen der Disdiaklasten belegte, welche alle im Muskelprimitivbündel der Art angeordnet sind, dass sie ihre optischen Axen der Faserrichtung parallel richten, oder doch eine solche Lage haben, dass sie in ihrer optischen Gesammtwirkung die Muskelfaser zu einem einaxigen positiven Körper machen. In dieser Beziehung gleicht die Muskelfaser einem Krystalle, den man sich aus unendlich vielen Einzelkrystallen zusammengesetzt denken muss, deren jeder die optischen Eigenschaften des Ganzen theilt, und die alle eine solche Lage haben, dass die optische Gesammtwirkung die gleiche wie die

1) Vergl. Brücke's citirten Aufsatz.

des einzelnen unendlich kleinen Krystalles ist. Etwas solcher Structur Aehnliches können wir an der Bastfaser nicht annehmen. Hier ist durchaus nicht jedes Theilchen dem Ganzen gleich, vielmehr sind alle unter einander verschieden, und nur durch ihre eigenthümliche Gruppirung wird das Ganze hervorgebracht. Der Unterschied ist ganz derselbe wie zwischen einem Krystall und zwischen den ungleich erwärmten Glaskugeln, von denen eben die Rede war, oder Glascylindern, Scheiben u. s. w. Letztere sind, wie oben schon hinreichend betont worden, die Analoga, auf deren Erscheinungen wir zurückgehen müssen, wenn wir die Polarisationsbilder einer Bastfaser oder anderer ähnlich geschichteter Theile des Thier- oder Pflanzenkörpers erklären wollen. Auf das Muskelprimitivbündel aber können die Gesetze, welche dort gelten, nicht in Anwendung gezogen werden.

Der Querschnitt des Muskelprimitivbündels würde, wenn wir das Licht hinreichend divergirend könnten durchfallen lassen, natürlich auch ein Kreuz zeigen, wie bei einem senkrecht auf die optische Axe geschnittenen positiven einaxigen Krystall. Unser Polarisationsmikroskop eignet sich nicht zu solcher Anordnung, weshalb wir mit demselben auch das Kreuz auf dem Querschnitte eines kleinen Kalkspath- oder Bergkrystalles nicht sehen können, während dasselbe im Amici'schen Polarisationsmikroskope sehr deutlich hervortritt, welches aber eine zu schwache Vergrösserung bietet, als dass es zu histiologischen Untersuchungen dienen könnte. Dagegen ist der Anblick geschichteter Körper, wie Amylon, Krystalllinsenschliff u. s. w. unter dem Amici'schen Polarisationsmikroskop nicht verschieden von dem, welches unser stark vergrösserndes Polarisationsmikroskop bietet, ein Beweis, dass es für die angeführten geschichteten Körper des stark divergirenden Lichtes nicht bedarf, um die Eigenschaften der Doppelbrechung in vollem Glanze hervortreten zu lassen.

(Fortsetzung folgt.)

Dritte Erwiederung auf Volkmann's dritte Abhandlung über Muskelirritabilität.

Von

EDUARD WEBER.

Unter dem Namen b-Methode hat Volkmann eine von ihm angegebene Beobachtungsmethode beschrieben, auf die er zuerst darum einen besonderen Werth legte, weil er dadurch im Muskel, wenn er thätig wäre, eine Contractionskraft unter Verhältnissen nachweisen zu können vermeinte, unter welchen die elastische Kraft des Muskels Null sein müsse. Er behauptete nämlich, man müsse sich die Elasticität des Muskels als eine unveränderliche von seiner Thätigkeit oder Unthätigkeit unabhängige Eigenschaft denken, wonach die elastische Kraft des Muskels bei einer gewissen Länge desselben immer Null sein müsse. Träfe man daher eine Einrichtung, bei welcher der Muskel in dem Augenblick, wo er gereizt werden soll, diese Länge wirklich besässe, aber keine Verminderung dieser Länge erleiden könnte, ohne ein gewisses kleineres oder grösseres Gewicht zu haben, so könne unter diesen Verhältnissen die Hebung des Gewichtes, wenn sie beobachtet würde, nur einer von der Elasticität des Muskels ganz unabhängige Kraft (jene Contractionskraft nämlich) zugeschrieben werden, weil die elastische Kraft Null wäre.

Eine solche Hebung des Gewichts hat nun Volkmann durch die b-Methode bei Reizung des Muskels wirklich nachgewiesen: es leuchtet aber ein, dass der darauf gegründete Beweis einer von der Elasticität des Muskels unabhängigen Contractionskraft mit der Behauptung steht und fällt, dass die Elasticität des Muskels als eine unveränderliche, von seiner Thätigkeit oder Unthätigkeit unabhängige Eigenschaft gedacht werden müsste, wozu kein Grund vorhanden.

Volkmann hat nun aber diese von ihm angegebene b-Methode weiter verfolgt und zur Ausführung von Messungsreihen benutzt, indem er durch denselben gereizten Muskel verschiedene kleinere und grössere Gewichte heben liess und jedesmal die Hebungshöhe bestimmte (und hat ferner gezeigt, dass, wenn man die von mir aufgestellten Elasticitätsgesetze auf diese Messungen in Anwendung bringen wollte, die Resultate mit den aus meinen (oder nach meiner Methode ausgeführten) Messungen abgeleiteten Resultaten in Widerspruch gerathen würden, woraus also, die Richtigkeit der Messungen vorausgesetzt, die Mangelhaftigkeit der von mir aufgestellten Gesetze folgen würde.

Die Rechtfertigung meiner hierdurch angefochtenen Gesetze legte mir also die Nothwendigkeit einer Prüfung der Volkmann'schen Messungen auf, namentlich einer genauen Prüfung der von ihm angewandten b-Methode und aller dabei wesentlichen und in Rechnung zu bringenden Umstände und Verhältnisse, die in der Ausführung übersehen worden sein könnten.

Einen solchen von Volkmann übersehenen und nicht in Rechnung gebrachten Umstand fand ich sogleich darin, dass bei Anwendung der Volkmann'schen b-Methode die Dauer der Belastung des Muskels viel kürzer ist als bei Anwendung meiner a-Methode, der Muskel also weniger angestrengt und ermüdet wird. Die Nichtbeachtung des verschiedenen Grades der Ermüdung des Muskels bei den nach der a- und b-Methode ausgeführten Messungen musste aber nothwendig, wie man leicht einsieht, zu solchen Widersprüchen führen, wie Volkmann gefunden hatte.

Volkmann hatte nämlich bei seinen a- und b-Messungen, die er, um die Resultate der a- und b-Methode unmittelbar vergleichen zu können, an demselben Muskel abwechselnd ausgeführt hatte, das von mir zur Ausgleichung der Ermüdungseinflüsse gebrauchte Verfahren in Anwendung gebracht, ungeachtet dasselbe die Bedingung voraussetzt, dass die Ermüdung gleichmässig, wie in meinen Versuchsreihen, von Versuch zu Versuch fortschreite, und es demnach auf Reihen wechselnder Versuche übertragen, die sich gerade eben dadurch von einander

unterscheiden, dass sie den Muskel ungleich ermüden, ohne zu erwägen, ob dies auch erlaubt sei, d. h. ob unter so veränderten Verhältnissen die Ermüdungseinflüsse in seinen Messungen sich dadurch ebenso wie in den meinigen ausgleichen lassen; dass dies aber nicht der Fall sei, wird jeder Mathematikverständige sogleich unmittelbar erkennen, dass folglich die sich entsprechen sollenden a- und b-Messungen nicht denselben Ermüdungsgraden angehören, folglich differiren und demnach, wenn sie gleichwohl, wie von Volkmann, als auf gleichem Ermüdungsgrade stehend betrachtet werden, scheinbar einen Widerspruch ergeben müssen.[1])

Die Richtigkeit dieser von mir mündlich mitgetheilten Bemerkung hat Volkmann, wenn auch nicht sogleich, doch später factisch dadurch anerkannt, dass er bei Herausgabe seiner ersten Abhandlung über diesen Gegenstand die Verminderung der Muskelanstrengung nun als Hauptzweck seiner b-Methode aufstellte und zu gleichem Zwecke noch andere Methoden angab, nämlich seine c- und d-Methode. Die früheren oben angeführten Einwendungen gegen die von mir aufgestellten Gesetze liess er nun zwar ganz fallen, behauptete aber, dass die grossen Differenzen in den nach seiner und meiner Methode gefundenen Resultaten den schädlichen Einfluss, welchen die Ermüdung der Muskeln bei meiner Methode ausübe, und also die gänzliche Unbrauchbarkeit meiner Methode beweise.

Gegen diese, wenngleich unerwiesene Anschuldigung meiner Methode konnte ich nur bemerken, dass die aus jener Ungleichheit der Ermüdung abgeleiteten Differenzen, so weit man dies controliren könne, weit kleiner ausfallen müssten, und dass daher so grosse Differenzen in den Resultaten, wie Volkmann gefunden, unmöglich ihren Grund in der Methode selbst haben könnten. Ich fand mich zugleich dadurch veranlasst, einige vergleichende Messungsreihen, nämlich nach meiner a-Methode und nach Volkmann's b-Methode in der von ihm angegebenen Combination selbst auszuführen, um mich selbst von der Grösse jener Differenzen näher zu überzeugen. Diese

1) Siehe Archiv 1858 S. 509 und S. 543—544.

von mir mit grösster Sorgfalt nach beiden Methoden ausgeführten Messungsreihen[1]) haben nun aber keineswegs zu so grossen Differenzen in den Messungsresultaten geführt, sondern zu viel kleineren, von der Grösse, wie sie nach den über den Einfluss der Ermüdung vorliegenden Controlen erwartet werden mussten, die demnach ihre vollständige Erklärung in der erwähnten, von Volkmann nicht beachteten unvollkommenen Ausgleichbarkeit des verschiedenen Grades der Ermüdung des Muskels bei den nach dera - und b-Methode ausgeführten Messungen finden. Ich hätte mich hierbei beruhigen können, doch war es mir erwünscht, dass ich von Volkmann selbst zufällig einige nähere Verhältnisse, die bei seinen Versuchen stattgefunden hatten, erfuhr, die mich in den Stand setzten, wenigstens eine Fehlerquelle in den Volkmann'schen Beobachtungen wirklich nachzuweisen. Volkmann hat nämlich durch Anbindung des Federhalters an der Zungenspitze die Froschzunge in das zur Messung dienende Muskelstück mit eingeschlossen, die natürlich davon ausgeschlossen bleiben muss, und wirklich fand ich,[2]) dass ich ebenfalls viel grössere Differenzen erhielt, wenn ich, so wie Volkmann, Zeiger und Gewicht an der Zungenspitze befestigte.

Auch Volkmann hat darauf die Versuche wiederholt[3]) und in seiner zweiten Abhandlung mitgetheilt, wonach zwischen den nach der a- und b-Methode gefundenen Resultaten bei Befestigung des Federhalters und Gewichtes an der Zungenspitze (V) 4 Mal grössere Differenzen vorkommen, als bei der Befestigung des Federhalters und Gewichtes über der Zungenwurzel (W). Aber das Alles reicht noch nicht hin zur vollständigen Erklärung der grossen Volkmann'schen Differenzen, was Volkmann ausdrücken zu wollen scheint, wenn er S. 271 sagt: „die vorwiegende Länge des a-Muskels wird durch die Befestigung am unteren Zungenende begünstigt: aber sie wird keineswegs durch dieselbe hervorgebracht,“ was wohl

---

1) Archiv 1858. S. 521 und 525.

2) Archiv 1858. S. 532.

3) Archiv 1858. S. 269 u. 271. Siehe auch S. 549 meiner Erwiederung.

heissen sollte, sie wird zwar nicht ganz, aber jedenfalls doch theilweise dadurch hervorgebracht.

Nachdem meine Messungen keine solche grossen Differenzen ergeben und nachdem der Grund der von Volkmann gefundenen, theilweis wenigstens, in einem von Volkmann bei Befestigung des Federhalters und Gewichts begangenen Versehen nachgewiesen worden war, durfte wohl für den noch unerklärten Rest jener grossen Volkmann'schen Differenzen ein anderer ähnlicher Grund vermuthet werden. Freilich Volkmann sieht die Sache anders an und meint, weil aus dem ihm nachgewiesenen und von ihm zugegebenen Fehler nur ein Theil seiner grossen Differenzen erklärt werden könne, so müsse der nach Ausscheidung dieses Theils übrig bleibende Rest jener groben Differenzen nun als reell betrachtet und auf Rechnung meiner a-Methode geschrieben werden. Seltsamer Weise bekennt aber Volkmann in demselben Satze, in dem er die Schuld meiner a-Methode zuschreibt, einen zweiten mir noch unbekannten, von ihm selbst begangenen Fehler, von dem ich freilich vorher keine Ahnung haben konnte, durch den aber nun die vollständigste Aufklärung über jene grossen Volkmann'schen Differenzen und über den Grund, warum ich sie bei sorgfältigster Wiederholung nicht hatte beobachten können, gewonnen wird. Volkmann sagt nämlich S. 277: „Indess kann ich nachweisen, dass die von Weber benutzte Experimentalmethode in der That die Werthe jener Längenunterschiede ausserordentlich herabdrückte. Weber hat die Muskeln tetanisirt, während ich sie durch Inductionsschläge reizte, und nur hierin liegt es, dass seine Resultate von den meinigen abweichen."

Es handelt sich hier also um zwei ganz verschiedene Dinge, nämlich erstens um die Beobachtungsmethode, zweitens um die Wahl der Objecte, die damit beobachtet werden. Ein anderes Object ist ein tetanisirter Muskel, ein anderes Object wieder ein durch einzelne Inductionsschläge nur momentan gereizter Muskel. Offenbar darf man Uebereinstimmung der Resultate nur fordern und erwarten, wenn man zwei verschiedene Beobachtungsmethoden auf das nämliche Ob-

ject in Anwendung bringt, nicht aber, wenn man zwei verschiedene Beobachtungsmethoden auf zwei verschiedene Beobachtungsobjecte in Anwendung bringt, wie Volkmann gethan hat.

Und warum hat Volkmann das Beobachtungsobject gewechselt? warum hat er diese Verwechselung bis jetzt verschwiegen? Volkmann hat doch gewusst, dass ich tetanisirte Muskeln gebrauche, denn er sagt es ja selbst, ganz abgesehen, dass dies in der Beschreibung meiner Versuche ausdrücklich gesagt und hervorgehoben worden ist, sogar mit Angabe der Gründe dieser meiner Wahl. Hat Volkmann diesen Unterschied vielleicht früher ganz übersehen, oder hat ihn früher für bedeutungslos gehalten? In beiden Fällen liegt die Schuld an ihm, wie er selbst zugiebt, wenn er jetzt sagt: „nur hierin liegt es, dass seine Resultate von den meinigen abweichen." Meine Methode kommt dabei unmittelbar gar nicht in Betracht, und wenn Volkmann dennoch in demselben Satze ihr die Schuld zuschiebt, so fühle ich mich ausser Stande, den Sinn und Zusammenhang seiner Gedanken dabei zu fassen.

Also Volkmann greift meine Untersuchungen an, weil er grosse Differenzen zwischen seinen und meinen Messungsresultaten findet, verschweigt dabei aber, dass seine Messungen sich auf ein ganz anderes Beobachtungsobject beziehen. Es könnte nun allerdings auch bei verschiedenen Beobachtungsobjecten doch der Fall vorkommen, dass diese Verschiedenheiten keinen oder doch nur einen geringen Einfluss auf die Messungsresultate haben und letztere daher doch mit einander mehr oder weniger übereinstimmen sollten. Wir wollen daher auch diese auf die beiden verschiedenen Beobachtungsobjecte sich beziehenden Messungsresultate selbst noch etwas näher betrachten.

Ist der tetanisirte Muskel das Beobachtungsobject, so bestehen die Messungsresultate in der gleichzeitigen Bestimmung der Belastungen und Länge des Muskels. Ist dagegen der durch einen einzelnen Inductionsstoss gereizte Muskel das Beobachtungsobject, so bestehen die Messungsresultate in den zusammengehörigen Bestimmungen von der Grösse der in Wurfbewegung gesetzten Gewichte

und der Wurfhöhen. Es leuchtet nämlich ein, dass im Momente des Inductionsstosses dem Gewichte eine blosse Geschwindigkeit, die selbst nicht Gegenstand der Beobachtung ist, mitgetheilt wird; dass aber das Gewicht in Folge dieser Geschwindigkeit, wie ein geworfener Körper, die Bewegung fortsetzt, bis sie nach den Fallgesetzen aufgehoben ist, und dass es nur diese Wurfhöhe ist, welche wirklich beobachtet wird. Hierbei ist noch zu bemerken, dass zwar die von dem momentan gereizten Muskel dem Gewichte ertheilte Geschwindigkeit, wenn auch nicht direct beobachtet, doch aus der beobachteten Wurfhöhe leicht bestimmt werden kann; dass aber — falls der Inductionsstoss bei noch so kurzer eigener Dauer doch in dem von ihm gereizten Muskel Nachwirkungen von längerer Dauer hinterliesse, vermöge deren der Muskel nach verschwundenem Inductionsstosse während der ganzen Wurfbewegung auf das Gewicht zu wirken fortführe, — die Fallgesetze keine unmittelbare Anwendung finden, und dass überhaupt dann bei der unbekannten Grösse der Veränderlichkeit dieser Nachwirkung von der beobachteten Wurfhöhe allein kein sicherer Rückschluss auf die vom gereizten Muskel ausgeübten Kräfte möglich ist. Die Verschiedenartigkeit der Messungsresultate leuchtet hiernach von selbst ein, auch findet, wie man leicht übersieht, zwischen den Gesetzen der Abhängigkeit von Belastung und Länge während des Gleichgewichts des Muskels und zwischen den Gesetzen der Abhängigkeit von Gewicht und Wurfhöhe nach dem durch einen Inductionsstoss gestörten Gleichgewichte gar keine unmittelbare Beziehung statt. Dort ist Gleichgewicht und die unbekannte Kraft wird unmittelbar durch das bekannte Gewicht, welches sie aufhebt, bestimmt; hier ist Bewegung, deren Geschwindigkeit erst aus der Wurfhöhe berechnet werden müsste, und auch diese würde aus dieser von ihr hervorgebrachten Bewegung nur bestimmbar sein, wenn die Dauer ihrer Wirksamkeit bekannt wäre, auf die sich aber die Volkmann'schen Messungen gar nicht erstrecken, welche nicht einmal Bürgschaft geben, dass diese Dauer bei allen Versuchen gleich ist. — Uebrigens hat Volkmann gar nicht eine solche

mittelbare Bestimmung der unbekannten Kraft versucht, sondern hat sich blos an die unmittelbar beobachtete Wurfhöhe gehalten, die zwar als eine Wirkung der unbekannten Kraft betrachtet werden mag, wenn auch während einer unbekannten Zeit, keinenfalls aber das Maass dieser Kraft ist, noch einen Maassstab derselben bildet.

Ich kann nicht umhin, hier einer begütigenden Bemerkung des Herrn Professor Meissner zu erwähnen, die sonst leicht missverstanden werden könnte. Herr Prof. Meissner sagt:[1]) „Es scheine das Verfahren Volkmann's bei dem ganzen Zwecke der Untersuchung desselben wohl zulässig und möchte nicht so gerade als zweckwidrig zurückzuweisen sein.“ War Volkmann's Zweck die Untersuchung momentan gereizter Muskeln, so musste er natürlich zur Darstellung solcher momentan gereizter Muskeln ein anderes Verfahren anwenden als ich zur Darstellung tetanisirter Muskeln, und es kann ihm die Anwendung einzelner Inductionsstösse dabei nicht zum Vorwurf gemacht werden. Nicht dieses Verfahren aber, welches Meissner vertheidigt, sondern die Confundirung der Untersuchungen (momentan gereizter und tetanisirter Muskeln) mit einander ist ihm zum Vorwurf zu machen, und gegen diesen Vorwurf wird ihn Meissner gewiss nicht in Schutz nehmen wollen. Diese Confusion hat ihn ja verleitet, Widersprüche zu finden, wo keine waren und mir Irrthümer und Fehler vorzuwerfen, wozu er kein Recht hatte.

So verschieden nun aber momentan gereizte und tetanisirte Muskeln als Untersuchungsobjecte sind, so versteht sich doch, dass eine tiefer eindringende vergleichende Untersuchung dieser beiden Objecte zu sehr wichtigen und interessanten Resultaten führen kann. Es würde hier aber zu weit führen, darauf näher einzugehen, zumal da alle bisherigen von Volkmann gemachten Zusammenstellungen, bei welchen die Verschiedenheit der Objecte nicht bloss nicht berücksichtigt, sondern gänzlich ignorirt worden, ganz unbrauchbar sind, oder wenigstens einer ganz neuen durchgreifenden Prüfung bedürfen,

---

1) Jahresbericht 1858. S. 473.

um alle Widersprüche, die blos auf jener Confusion beruhen, sorgfältig zu entfernen. Das Detail der Volkmann'schen Versuche kann für solche weitergehende Untersuchungen sehr brauchbar und nützlich sein, worin ich gern den von Meissner und Fick[1]) gemachten Andeutungen beistimme; nur zur Prüfung meiner Untersuchungen tetanisirter Muskeln sind Volkmann's Untersuchungen momentan gereizter Muskeln absolut nicht geeignet; denn das hiesse etwas unmittelbar und sicher Bestimmtes durch sehr unsichere und verwickelte Combinationen und Conjecturen modificiren und corrigiren wollen.

Nach dieser kurzen und bündigen Darlegung meiner Anschauung des Sachverhältnisses des Streitobjectes wollen wir sehen, zu welchen Schlüssen dagegen Volkmann aus seinen Beobachtungen des durch einzelne Inductionsstösse momentan gereizten Muskels mittelst der a- und b-Methode gelangt. — Nachdem er durch Wiederholung meiner Versuche von dem störenden Einflusse der Befestigung des Federhalters an der Zungenspitze überzeugt worden war, aber erkannt hatte, dass hiervon nur ein Theil der von ihm beobachteten grossen Differenzen der a- und b-Messungen herrühre, so wünschte er wenigstens den dadurch noch unerklärt gebliebenen grösseren Rest derselben als reell zu erweisen, und auf die von mir gebrauchte a-Methode zu schieben. Er führte nun mit Vermeidung des obigen Fehlers a- und b-Messungen, ersteren Theils bei momentaner Reizung, zweiten Theils bei Tetanisirung desselben Muskels aus (vierzehnte Versuchsreihe)[2]) und schloss, da er gleichwohl im ersteren Theile ausserordentlich stark differirende Resultate der a- und b-Messungen, im zweiten Theile nur sehr wenig differirende Resultate der a- und b-Messungen erhalten hatte, nicht, dass der gefundene Widerspruch der a- und b-Resultate im ersten Theile der Messungen vom unstatthaften Gebrauche momentan gereizter statt tetanisirter Muskeln abhänge, sondern vielmehr, dass der ungehörige Mangel des

---

1) Canstatt's Jahresbericht. 1859. S. 3—4.

2) Archiv 1858. S. 279.

Widerspruchs der a- und b-Resultate im zweiten Theile der Messungen vom unstatthaften Gebrauche tetanisirter statt momentan gereizter Muskeln herrühre: indem nämlich die, wie er meint, durch die a-Methode an sich bedingte fehlerhafte Differenz der Resultate der a- und b-Versuche (welche durch seine an momentan gereizten Muskeln ausgeführten Messungen ausser Zweifel gestellt seien) durch einen zweiten im Gebrauche tetanisirter Muskeln gelegenen Fehler wieder grösstentheils beseitigt oder „ausserordentlich herabgedrückt“ werde.

Die Anstrengung, welche der Muskel in den combinirten a- un db-Versuchen erfährt, zerfällt in zwei Theile, in einen in den a- und b-Versuchen differenten Theil, welcher die Differenz beiderlei Messungen erzeugt, und in einen in den a- und b-Versuchen nicht differenten Theil, der also in beiderlei Versuchen gleich gross ist und daher keine Differenzen erzeugt. Von diesen letzteren nimmt nun Volkmann an, dass er, ungeachtet er selbst keine Differenzen erzeuge, doch die durch den ersteren Theil erzeugten Differenzen verkleinere oder unwahrnehmbar mache, so dass also, wenn derselbe, wie bei Anwendung momentan erregter Muskelzuckungen, sehr klein ist, die a—b-Differenzen sehr gross ausfallen, wenn derselbe dagegen, wie bei Anwendung anhaltender Muskelcontractionen, sehr gross ist, die a—b-Differenzen sehr klein ausfallen müssten.[2]) Diese schwer begreifliche Hypothese suchte er durch folgendesBild begreiflich zu machen: „Der Fall,“ sagte er, „verhält sich

1) S. 271.

2) Er sagt nämlich S. 278: „Ich behaupte, dass die Grösse der Längendifferenzen, welche von den Anstrengungen der Versuchsmethode a und b abhängen, in einem reciproken Verhältnisse zu einer zweiten Anstrengung stehen, welche ihrerseits unabhängig von diesen Versuchsmethoden ist. Ganz unabhängig von dem Experimentalverfahren a und b ist nämlich die Anstrengung, welche vom Reize ausgeht. Reizt man den Muskel durch Inductionsschläge, so ist diese Anstrengung sehr klein und folglich machen sich die Versuchsmethoden nebst ihren Folgen sehr geltend; reizt man dagegen durch Tetanisirung, so ist die Anstrengung des Muskels sehr gross, demnach werden die vom Experimentalverfahren a und b abhängigen Anstrengungsdifferenzen in den Hintergrund treten.“

ganz ähnlich wie folgender: Wenn man in ein Zimmer, welches von einer Kerze beleuchtet wird, eine zweite bringt, so ist der Unterschied der Helligkeit in beiden Fällen sehr gross. Ob man aber in ein Zimmer, welches von 100 Kerzen beleuchtet wird, noch eine oder zwei andere bringt, wird kaum bemerkt werden. Ist also meine Lehre von dem Einflusse der Arbeit auf die Länge der thätigen Muskeln in der Natur begründet, so versteht sich von selbst, dass der Längenunterschied der a- und b-Muskeln beim Tetanisiren dieser abnehmen und bei heftigster Reizung unmerklich werden müsse."

Dieses Bild, in welchem, wie jeder gleich übersieht, die Grösse der Muskelanstrengung durch die Zahl der Kerzen, die Längendifferenzen durch die Stärke des Lichtes, das sie, wenn sie angesteckt sind, verbreiten, repräsentirt ist, passt aber nicht auf den in der Volkmann'schen Hypothese gegebenen Fall, weil hier nur der eine Theil der durch die Kerzen repräsentirten Muskelanstrengung Differenzen erzeugt, der andere aber nicht. Da nun die Differenzen durch das Licht, das die Kerzen, wenn sie angesteckt sind, verbreiten, repräsentirt werden sollen, so kann, wenn das Bild der Volkmann'schen Hypothese gerecht werden soll, nur der Differenzen erzeugende Theil der Muskelanstrengung durch eine brennende Kerze repräsentirt werden, der andere keine Differenzen erzeugende Theil der Muskelanstrengung dagegen muss durch Kerzen, die nicht brennen, repräsentirt werden. Das Lichtverhältniss eines durch eine brennende Kerze beleuchteten Zimmers wird aber nicht geändert, wenn man in dasselbe hundert andere Kerzen unangesteckt dazu stellt. Was aber von dem Bilde gilt, gilt auch von der Hypothese, der es zur Erleuchtung dienen soll, und ich glaube daher wohl, dass Volkmann, wenn er nicht sich selbst durch das qui pro quo seines Bildes hätte täuschen lassen, die rein willkürliche Hypothese ganz unterlassen hätte.

Dass aber die Messungen an momentan gereizten Muskeln so differente Resultate, wie Volkmann erhalten hat, geben müssen, je nachdem die a-, b-, c- oder d-Methode gebraucht wird, folgt ohne alle Hypothese einfach daraus, dass die in einer

Muskelzuckung gegebene Kraft ein Gewicht zu einem um so höheren Punkte heben müsse, je weniger sie vorher durch die andauernde Wirkung desselben bereits aufgehoben und consumirt worden ist, je kürzere Zeit daher vor dem Eintritte des Endpunktes der Bewegung das Belastungsgewicht zur Einwirkung gelangt, oder je höher das Gewicht schon steht, wenn es vom Muskel ergriffen wird, und je weniger es folglich von ihm noch gehoben zu werden braucht. Eine solche Abkürzung der Wirkungsdauer des Gewichts hat nun Volkmann dadurch herbeigeführt, dass er das Belastungsgewicht, welches in den a-Versuchen durch den Muskel von unten aufgehoben werden muss, in den b- und c-Versuchen immer höher und in den d-Versuchen endlich so hoch gestellt hat, dass es vom Muskel fast gar nicht mehr gehoben, sondern nur zum Schweben gebracht zu werden brauchte, wodurch die Dauer der Einwirkung des Gewichtes in den b- und c-Versuchen immer mehr abgekürzt, zuletzt in den d-Versuchen fast Null werden, die dadurch immer vollkommener erhaltene Muskelkraft dagegen, das Gewicht in den b- und c-Versuchen immer höher, nämlich in den d-Versuchen fast zum Maximum, welches überhaupt möglich war, heben musste. Es leuchtet demnach ein, dass die sich nothwendig hieraus ergebenden Differenzen der Resultate, welche Volkmann aus seinen a-, b-, c-, d-Messungen an momentan gereizten Muskeln erhielt und zu deren Erklärung er jene „sehr schnell fortschreitende und sehr beträchtliche Ermüdung, eine Ermüdung, die in dem nächst folgenden Versuche nur darum nicht mehr merklich ist, weil die zwischen je zwei Contractionen stattfindende Ruhe eine fast eben so vollständige als merkwürdig rasche Wiederherstellung vermittelt",[1]) hypothetisch annehmen zu müssen geglaubt hat, gar nicht mit der Natur des Muskels zusammenhänge, sondern lediglich von dem Einflusse herrühre, den beim Gebrauche der a-, b-, c-, d-Methode die willkürliche Abkürzung der Dauer der Wirkung des Belastungsgewichts auf den nur momentan gereizten Muskel ausüben musste, da dessen ein

1) Archiv 1857. S. 40.

für alle Mal erzeugte Kraft durch das Gewicht proportional der Dauer seiner Wirkung theilweise aufgehoben wird, schon ehe sie das Maximum ihrer Wirkung erreicht hat, so dass die Höhe, in welcher sie das Gewicht noch gehoben halten kann, der Dauer der vorausgegangenen Einwirkung des Gewichts proportional kleiner oder der Höhe des aufgestellten Gewichtes proportional grösser ausfallen muss, was Volkmann in seiner bekannten, die geometrische Darstellung von Gesetzen imitirenden linearen Figur[1]) dem Auge anschaulich gemacht hat. Diese grossen Differenzen der Resultate, welche Volkmann aus seinen a-, b-, c-, d-Messungen an momentan gereizten Muskeln erhalten hat, sind daher auch ja nicht zu verwechseln und zu vermengen (wie Volkmann gern möchte) mit den kleinen Differenzen, welche, wie ich theoretisch und experimentell dargethan habe, a- und b-Messungen an tetanisirten Muskeln, wegen der Unmöglichkeit völliger Ausgleichung der Ermüdungseinflüsse zwischen so verschiedenartigen Messungen ergeben müssen.

Auf diese Beweise, welche schon in meiner vorhergehenden Erwiederung vorliegen und die ich hier nur theilweise ausführlicher zu expliciren genöthigt worden bin, erklärt Volkmann am Eingange seiner neuesten Abhandlung S. 146, „dass er auf meine Einwürfe kurz antworten (respective ihnen widersprechen) auf die Gründe, welche ich gegen seine bisherigen Versuche erhoben, nicht zurückkommen wolle“. Ich glaube mich bei dieser Erklärung beruhigen zu können, da Volkmann zugleich factisch seine mit momentan gereizten Muskeln ausgeführten Versuche, die seiner ersten Abhandlung zu Grunde gelegt waren, sammt ihren grossen Differenzen, über die sich der Streit entsponnen, nun fallen gelassen hat, und ich den blossen Widerspruch doch schliesslich nicht verhindern kann.

Somit schiene dieser Streit abgemacht zu sein. Allein Volkmann will nun die Unbrauchbarkeit meiner a-Versuche, nachdem er seine Versuche hat fallen lassen müssen, jetzt aus den Differenzen ableiten, welche, wie ich theoretisch und ex-

---

1) Archiv 1857. S. 37.

perimentell nachgewiesen habe, die Resultate der an tetanisirten Muskeln ausgeführten a- und b-Messungen zeigen, welche aber nur die nothwendige Folge der Unausgleichbarkeit der Ermüdungseinflüsse in den mit ungleich ermüdenden Methoden (wie die a- und b-Methode) ausgeführten Messungen sind und die daher nur bei Nichtbeachtung dieser Unausgleichbarkeit für einen Widerspruch der Resultate beiderlei Messungen gehalten werden können, während sie vielmehr eine nothwendige Consequenz der Elasticitätsgesetze der Muskeln selbst sind und daher, sofern sie experimentell nachgewiesen sind, denselben vielmehr zur Bestätigung dienen. Ich habe um so weniger erwartet, dass Volkmann diese völlig erklärten Differenzen zum Stützpunkt neuer Angriffe machen könnte, da er die von mir in der ungleichen Ermüdung des Muskels durch die a- und b-Methode nachgewiesene Ursache derselben (siehe oben S. 250) als solche anerkannt hat, freilich, wie sich jetzt herausstellt, ohne den Grund, warum sie es ist.

Zum Zwecke dieser neuen Angriffe sucht nun Volkmann in seiner neuesten Abhandlung 1) diesen Differenzen, aus deren Kleinheit er zuvor die Unbrauchbarkeit meiner a-Methode beweisen wollte, jetzt durch ein paar neue Versuchsreihen[1])

1) Zur Berichtigung der Ausstellungen, welche Volkmann bei Gelegenheit dieser Versuche (siehe die Note S. 151) gegen den Gebrauch des Hakens zur Befestigung der Gewichte am Froschmuskel macht, muss ich bemerken, dass es allerdings von selbst einleuchtet, dass dieser Haken „zwischen den zwei nur lose befestigten Bäuchen des Muskels“ nur unsicher ruhe und daher jedesmal durch die Belastung in dem nachgiebigen Bindegewebe herabgezogen werden müsse, und zwar sehr ungleichmässig, bald mehr, bald weniger, je nachdem ein grösseres oder kleineres Gewicht gebraucht wird, oder je nachdem dasselbe Gewicht lange Zeit oder nur momentan einwirkte, und dass demnach, wenn der Federhalter, wie in Volkmann's Versuchen, an den Gewichtshaken gebunden, mit ihm also solidarisch zu allen Bewegungen vereinigt ist, die Messungen nicht blos im Allgemeinen, was Volkmann beobachtet hat, sondern auch im Einzelnen abgeändert werden müssen, dass es aber auch eben so bestimmt einleuchtet, dass, da ich, um diese grobe Fehlerquelle zu vermeiden, bekanntlich den als Zeiger dienenden Coconfaden isolirt vom Gewichtshaken etwas höher zwischen den beiden Bäuchen des Muskels hindurchgeführt habe, wo-

(S. 147 und 149) grössere Dimensionen, als sie nach meinen Versuchen und seiner eigenen vierzehnten Versuchsreihe haben, zu verschaffen, was übrigens nicht sehr schwer hält, da ich gezeigt habe, dass diese Differenzen bei kraftloseren und ermüdeten Muskeln grösser ausfallen. 2) schiebt er mir (S. 152 und 154, natürlich ohne Citat) die Behauptung unter, dass die an tetanisirten Muskeln ausgeführten a- und b-Messungen gar nicht differirten, um mich schliesslich durch den Beweis des Vorhandenseins dieser Differenzen widerlegt zu haben (siehe S. 161). — Da ich im Gegentheil Volkmann selbst erst auf die Nothwendigkeit dieser (allerdings im Vergleich zu den grossen von ihm irrthümlich beobachteten nur sehr kleinen) Differenzen aufmerksam gemacht und sie sogar auch experimentell zuerst nachgewiesen und gemessen habe,[1]) so brauche ich nicht erst auf die Widerlegung dieser aus der Luft gegriffenen Behauptung einzugehen. 3) bemüht er sich, meine a-Methode, nachdem er sie als Fehlerquelle experimentell zu erweisen vergeblich versucht hatte, nun als Fehlerquelle dadurch wenigstens probabel zu machen, dass er durch teleologische Gründe (deren Schwäche freilich die Stärke der gebrauchten Ausdrücke compensiren muss) darzuthun sucht, dass die Muskeln durch den Gebrauch der a-Methode gemisshandelt würden. Er geht nämlich von der Behauptung aus, dass die Muskeln am Körper vor jeder Ausdehnung über ihre natürliche Länge im Ruhezustande geschützt seien, und sagt daher (Archiv 1857 Seite 32): „Weber reizte den Muskel, nachdem er ihn belastet, und durch die Belastung über sein normales Maass verlängert hatte: die an unserem Skelete angebrachten Muskeln werden aber durch die Art ihrer Befestigung vor jeder Ausdehnung über ihr normales Maass geschützt; die Länge des ruhenden Muskels ist also, gleichviel ob er belastet oder unbelastet[1]) ist, constant = l." Auf diese Behauptung gründet er nun die Hypothese, dass die Muskeln das Gewicht, das sie im thätigen Zustande heben, im ruhenden Zustande nicht einmal tragen könnten, sondern durch die Dehnung, die sie durch dasselbe erfahren,

---

durch die Messung streng auf den über dem Coconfaden befindlichen Theil des Muskels beschränkt, dagegen von dem Einflusse seines unterhalb gelegenen Theiles ganz isolirt wird, in allen meinen Versuchen weder die Zunge noch der Gewichtshaken, sie mochten sich bewegen wie sie wollten, auf die Messung einwirken konnten, so dass es gar keiner Gegenversuche erst bedarf, um meine Messungen vor Folgerungen aus obigen Erfahrungen Volkmann's sicher zu stellen.

1) Archiv 1858. S. 543, S. 525 und S. 509.

so litten, dass sie zu den Versuchen unbrauchbar würden. Er sagt nämlich Archiv 1858 Seite 230: „... dass Weber in Unbekanntschaft mit diesem Unterschiede" (der a- und b-Messungen) „aus seinen Versuchen an gezerrten (!) Muskeln Folgerungen ableitet, die auf nicht gezerrte keine Anwendung gestatten" und schliesst seine letzte Abhandlung Archiv 1860. S. 161 mit den Worten: „Nach allem Mitgetheilten bleibt es dabei, dass die mit a und b bezeichneten Versuchsmethoden nicht zu gleichen Resultaten führen. Indem nun Weber in seinen Versuchen ausschliesslich die erste Methode benutzte, d. h. den Muskel vor der Reizung einer gewaltsamen Reckung (!) aussetzte, so sind die Resultate, zu welchen er gelangte, nicht geeignet, über die Dehnbarkeit und die elastischen Kräfte solcher Muskeln, welche, wie die in ihren natürlichen Verhältnissen befindlichen, keine Reckung erfahren, Aufschlüsse zu geben."

Die völlige Nichtigkeit dieser Deduction, die schon an sich nicht die geringste Beweiskraft enthält (indem zwar die Benutzung der Ausdehnbarkeit der Muskeln im Mechanismus des Körpers ihre Unschädlichkeit, die Nichtbenutzung derselben aber noch keineswegs ihre Schädlichkeit voraussetzen lässt), stellt sich dadurch heraus, dass die an ihre Spitze gestellte Behauptung, auf welche die ganze Beweisführung gegründet ist, das wahre Sachverhältniss geradezu umkehrt, da, wie allgemein bekannt ist, die an unserem Skelete angebrachten Muskeln durch die Art ihrer Befestigung nicht nur nicht vor jeder Ausdehnung über ihr normales Maass geschützt sind, sondern im Gegentheil fortwährend beträchtlich ausgedehnt erhalten und daher vielmehr ihr normales Maass im Ruhezustande anzunehmen verhindert werden. Ich habe in meiner Abhandlung über Muskelbewegung nachgewiesen, dass sogar in der halbgebogenen Lage der Glieder, wenn alle Muskeln ruhen, diese sich wegen ihrer Kürze doch noch wechselseitig beträchtlich ausgedehnt erhalten, so dass sie sich nach Durchschneidung ihrer Flechsen vermöge ihrer Elasticität auf ihre natürliche Form im Ruhezustande zurückziehen und dadurch nicht unbeträchtlich verkürzen. In der der Richtung ihrer Wirkung entgegengesetzten Lage der Glieder aber sind die ruhenden Skeletmuskeln meist sogar äusserst gewaltsam ausgedehnt, so dass sie wie eisenharte Stränge anzufühlen sind. Die Musculi semitendinosus, semimembranosus und der lange Kopf des Biceps z. B. werden bei der Bewegung des Hüftgelenkes und gleichzeitiger Streckung des Kniegelenkes durch die

---

1) Die Worte „gleichviel ob belastet oder unbelastet" müssen natürlich wegfallen, da sie mit der Behauptung des Vordersatzes, dass die Muskeln im Ruhezustande gar nicht belastet werden könnten, im Widerspruch stehen.

Musculi psoas, iliacus, pectineus, Tensor fasciae, Rectus femoris, cruralis und die beiden Vasti so gewaltsam ausgedehnt, dass sie durch ihre passive Spannung der vereinten Kraft dieser Muskelmassen Widerstand leisten und ihnen dadurch beide Bewegungen gleichzeitig zu vollenden unmöglich machen. Gleichwohl gedeiht diese Ausdehnung den Muskeln sehr wohl und ist daher eine beliebte Turnübung. Die Dehnung der Muskeln wird auch vielfach benutzt, um die Kraft derselben beim Gebrauche zu erhöhen, z. B. da die Musculi interossei interni in gestreckter Lage die Adduction der Finger gegen einander nur mit geringer Kraft ausführen, so dehnen wir sie durch Beugung des zweiten und dritten Fingergliedes, in welcher Lage sie dann diese Adduction mit grosser Kraft ausführen. Nicht die Dehnung, sondern umgekehrt die Contraction der Muskeln ist bekanntlich durch ihre Befestigung am Skelete sehr eingeschränkt. Alle grösseren Verkürzungen des Muskels würden sonach in Volkmann's Sinne widernatürlich sein. Gleichwohl gebraucht er in allen Messungsreihen die äusserste Verkürzung bei Null Belastung, ungeachtet ich schon S. 532 bemerkt habe, dass sie nicht aus teleologischen Gründen, sondern aus physikalischen Ursachen nothwendig eine falsche Messung veranlassen müsse, weil der Widerstand der comprimirten Zwischengewebe immer mehr zunimmt, während die Muskelkraft immer mehr abnimmt, und erstere daher die letztere, lange bevor sie ihren Nullpunkt erreicht, aufheben muss, worauf aber Volkmann nicht hat eingehen wollen.

Da nun aber Volkmann, wie der Schluss seiner letzten Abhandlung zeigt, immer noch nicht zu begreifen scheint, warum Messungen, die mit verschiedenen Methoden, welche, wie die a- und b-Methode, den Muskel ungleich ermüden, ausgeführt sind, unbeschadet der Richtigkeit ihrer Ausführung und unbeschadet der Richtigkeit der dazu gebrauchten Methoden, differente Resultate ergeben müssen, so will ich hier den Beweis[1]) noch von einem allgemeineren Gesichtspunkte aus führen. Vielleicht dass er sich dadurch von der Nothwendigkeit dieser Differenzen überzeugen lässt.

Da die Grösse der Dehnung eines thätigen Muskels von zwei Verhältnissen abhängt, nämlich von der Belastung und von seiner Elasticität, welche durch die Ermüdung geändert wird, und ich in meiner Untersuchung demnach die Anordnung, welche die Dehnung desselben 1) bei zunehmender Belastung und welche dieselbe 2) bei zunehmender Ermüdung erfährt, gleichzeitig, aber unabhängig von einander, zu untersuchen wünschte, so musste ich, um meine Messungen sowohl bei gleicher Ermüdung nach der Zunahme der Belastung, als auch bei gleicher Belastung nach der Zunahme der Ermüdung ordnen zu können, denselben für jedes der beiden Grössenver-

1) S. oben S. 250.

hältnisse ein Maass zu Grunde legen: ich benutzte daher für die Ermüdung in Ermangelung eines absoluten Maasses die Reihe der aus der Compensation sich ergebenden Ermüdungsstufen als relatives (nur für die jedesmalige Messungsreihe gültiges) Maass, dessen Grösse also von der Ermüdung, die der Muskel durch die dabei benutzte Versuchsmethode erfährt, abhängt.

So gleichgültig es nun ist, ob man das Grammgewicht oder das Grangewicht als Maass der Belastung in den Versuchen gebraucht, eben so gleichgültig ist es auch an sich, ob man grössere oder kleinere Ermüdungsstufen als Ermüdungsmaass benutzt, d. h. ob man eine dem Muskel mehr oder weniger ermüdende Methode anwendet, wenn man nur das einmal gewählte Ermüdungsmaass (also die einmal in Anwendung gebrachte Versuchsmethode) in derselben Versuchsreihe nicht wechselt, da sonst beide Maasse, als relative, nicht eines auf das andere reducirbar sind.

Denken wir uns nun zunächst zwei Versuchsreihen an vollkommen gleichen Muskeln mit gleicher Methode und auch übrigens völlig gleich ausgeführt, nur dass in der einen 5 Grm., 10 Grm., 15 Grm. u. s. w., in der anderen 5 Gran, 10 Gran, 15 Gran u. s. w. als Belastungsgewichte gebraucht worden seien, so liegt klar am Tage, dass ungeachtet der in Folge der Verschiedenheit der Belastung stattfindenden Differenz der in beiden Reihen gemessenen Muskellängen schliesslich doch beide Reihen ein völlig identisches Resultat d. h. genau dieselbe gesetzmässige Abhängigkeit der Dehnung von der Belastung des Muskels ergeben müssen. Da nun das Grammgewicht und das Grangewicht absolute Maasse sind, die eines auf das andere oder beide auf ein drittes reducirt werden können, so kann man auch, wenn man diese Reduction ausführt, die Muskellängen beider Reihen, ungeachtet ihrer Differenz, unmittelbar mit einander vergleichen. Man kann z. B. die auf dasselbe Maass reducirten Gewichtsgrössen beider Reihen auf ein und dieselbe Linie als Abscissen und auf diese wieder die zugehörigen Muskellängen als Ordinaten abtragen, wo dann die Messungen beider Reihen genau ein und dieselbe Curve ergeben, nur dass die Endpunkte beiderlei Ordinaten nicht auf einander, sondern zwischen einander in diese Curven fallen.

Denken wir uns nun zwei andere Versuchsreihen an vollkommen gleichen Muskeln mit gleicher Belastung und auch übrigens völlig gleich ausgeführt, nur dass zur einen eine mehr ermüdende, zur anderen eine weniger ermüdende Methode gebraucht, also zur einen ein grösseres Maass, zur anderen ein kleineres Maass der Ermüdung gedient hatte, so liegt eben so klar am Tage, dass, ungeachtet der in Folge der Verschiedenheit der Ermüdung stattfindenden Differenz der in beiden Reihen gemessenen

Muskellängen schliesslich doch beide Reihen ein völlig identisches Resultat d. h. genau dieselbe gesetzmässige Abhängigkeit der Dehnung von der Ermüdung des Muskels ergeben müssen. Hätten wir nun ein absolutes Maass der Ermüdung (so wie wir ein absolutes Maass der Belastung haben), auf welches wir die relativen Ermüdungsmaasse beider Reihen reduciren könnten, so könnte man, wie oben, die Muskellängen auch dieser beiden Reihen, ungeachtet ihrer Differenz, unmittelbar unter einander vergleichen. Man könnte z. B. die auf dasselbe Maass reducirten Ermüdungsstufen beider Reihen auf eine und dieselbe Linie als Abscissen und auf diesen wieder die zugehörigen Muskellängen als Ordinaten abtragen, wo dann die Messungen beider Reihen genau ein und dieselbe Curve ergeben würden, nur dass die Endpunkte beiderlei Ordinaten nicht auf einander, sondern zwischen einander in diese Curven fallen würden. Da wir aber nun kein absolutes Maass der Ermüdung haben, auch das Verhältniss der als relative Maasse gebrauchten Ermüdungsstufen beider Reihen zu einander nicht kennen, sie daher auch nicht auf ein gemeinschaftliches Maass reduciren können, so können wir auch Messungsreihen, die mit in verschiedenem Grade ermüdenden Methoden ausgeführt sind, auch wenn sie übrigens vollkommen gleich hergestellt sind und daher genau dieselbe gesetzmässige Abhängigkeit der Dehnung von der Ermüdung des Muskels ergeben müssen, dennoch nicht mit einandar vergleichen und vermischen.

Der Zweck nun, warum Volkmann die a- und b-Methode zugleich in derselben Versuchsreihe abwechselnd in Anwendung gebracht hat, ist kein anderer, als den von mir supponirten Fall zweier Messungsreihen, die, in allem Uebrigen vollkommen gleich, sich nur dadurch unterscheiden, dass sie mit ungleich ermüdenden Methoden ausgeführt sind, experimentell zu verwirklichen, wenn er auch dadurch nur unvollkommen erreicht wird. Man kann demnach von diesen combinirten Versuchsreihen wenigstens nicht mehr erwarten, als obige Versuchsreihen leisten, bei denen der genannte Zweck wirklich als vollkommen erreicht vorausgesetzt ist. Es folgt daraus, dass die Volkmann'schen in derselben Versuchsreihe combinirten a- und b-Messungen gleichfalls nicht auf dasselbe Ermüdungsmaass reducirbar sind, daher auch nicht verglichen werden können, und, wenn sie dennoch, wie es von Volkmann geschehen, verglichen werden, da sie in Wahrheit nicht auf gleiche Ermüdungsstufen reducirt sind, Differenzen der Resultate ergeben müssen, wie Volkmann sie erhalten hat, dass demnach der in diesen Differenzen gesuchte Widerspruch der Resultate der a- und b-Messungen nur ein scheinbarer ist, d. h. nicht in Fehlern der Messungen oder der dazu gebrauchten Methoden, sondern nur in der Ungehörigkeit ihrer Zusammenstellung und Vergleichung liege, welche, weil die Ermüdungsgrade des Muskels, unter denen die einen und anderen Messungen ausgeführt

sind, als auf gleichen Ermüdungsstufen reducirt angenommen werden, ungeachtet die Reduction gar nicht möglich ist, zu Widersinn führen muss, der seinen Maassstab in der Grösse der Differenzen hat. Es sagt aber dieses Resultat dasselbe aus, was ich schon in meiner vorigen Erwiederung S. 543 ausgesprochen habe.

Schliesslich will ich noch ein paar Anmerkungen zur Aufklärung und Berichtigung der Ausstellungen beifügen, welche Volkmann gegen den Gebrauch, den ich von seiner vierzehnten Versuchsreihe mache, erhebt.

1. Ich hatte auf Seite 552 meiner letzten Erwiederung gegen eine der neueren Versuchsreihen Volkmann's (No. IV.), in der, wie in der zweiten Abtheilung der vierzehnten Versuchsreihe anhaltende Contractionen statt einzelner Muskelzuckungen gebraucht, und auch der früher gerügte Fehler der Befestigung des Federhalters und Gewichts an der Zungenspitze vermieden worden war, noch Bedenken wegen des zur Befestigung des Gewichts gebrauchten schnürenden Fadens erhoben, indem ich mich auf die zweite Abtheilung seiner vierzehnten Versuchsreihe stützte, die unter gleichen Verhältnissen ausgeführt, aber (dem Zusammenhange nach zu urtheilen) auch diese Art der Befestigung vermieden, und, wie es schien, aus diesem Grunde kleinere Differenzen ergeben hatte. — Da nun Volkmann S. 457 erklärt, dass er auch in der vierzehnten Versuchsreihe den Federhalter und das Gewicht mit einem Faden an den Muskel befestigt habe, so fällt also jenes Bedenken gegen erstere Versuchsreihe als nicht genügend einfach hinweg, was sehr gleichgültig ist, da ich darauf als einer Nebensache gar nichts gebaut hatte, während die vierzehnte Versuchsreihe beweist, dass eine Befestigung, vorsichtig angewandt, keinen in Betracht kommenden Nachtheil bringe. Ich kann daher die Logik nicht begreifen, nach welcher Volkmann daraus den Schluss zieht, dass „dadurch das Gewicht der Weber'schen Betrachtungen (überhaupt) in Nichts zusammenfalle."

2. Volkmann hatte in seiner vierzehnten Versuchsreihe wie auch in anderen neben den Columnen der b-Längen und a-Längen unter der Rubrik a : b die berechneten Quotienten der a- und b-Längen gestellt, sich aber im unmittelbar nachfolgenden Texte, wo er die Resultate dieser Reihe bespricht, sich auf diese Quotienten als Differenzen der a- und b-Längen bezogen. Er sagt nämlich daselbst S. 281: „die Längendifferenzen der a- und b-Muskeln sind in der Abtheilung (dieser Tabelle), wo wir tetanisirten, ohne Ausnahme viel kleiner als in der Abtheilung, wo wir durch Inductionsschläge reizten, ja es kommt sogar ein Fall vor, wo die Differenz ganz schwindet (Ermüdungsstufe 40) u. s. w. Da ich dies für ein zufälliges Versehen gehalten habe, z. B. dass obige Quotienten von einer älteren Bearbeitung der Tabelle unabsichtlich stehen geblieben seien), so hatte ich, ohne es weiter als Fehler

zu urgiren, beim Wiederabdruck der Tabelle,[1]) statt der von Volkmann berechneten Quotienten die Differenzen der a- und b-Längen, von denen Volkmann spricht, und von denen überhaupt nur die Rede sein kann, berechnet und substituirt, und diese Abänderung nur pflichtgemäss in einer Note einfach angezeigt. Darüber macht mir nun Volkmann (Seite 155 seiner letzten Abhandlung) schwere Vorwürfe, indem er sagt: „Die Art und Weise, wie Weber die vierzehnte Versuchsreihe zu seinen Gunsten ausbeutet, ist die, dass er die kleinen Längen der b-Muskeln von den grösseren der a-Muskeln subtrahirt" (! das nennt man aber doch eben die Differenzen der a- und b-Längen, von denen er oben spricht) „und auf die Kleinheit der absoluten Unterschiede aufmerksam macht," worauf er weiter erklärt, absichtlich die Verhältnisszahlen der a- und b-Längen berechnet zu haben. Ich gestehe, dass ich nicht fasse, was Volkmann mit obigen Vorwürfen sagen will: denn er kann doch unmöglich Quotienten und Differenzen zweier Zahlenreihen für so gleichbedeutend halten wollen, um sie beliebig die einen den anderen substituiren, in die Tabellen die Quotienten hinstellen und sich doch auf sie im Texte als Differenzen beziehen zu können.

3. Volkmann sagt Seite 155 seiner letzten Abhandlung in der Note in Beziehung auf den oben erwähnten Wiederabdruck, den ich auf Seite 547 meiner vorgehenden Erweiderung von seiner vierzehnten Versuchsreihe gegeben habe: „In der Tabelle, welche Weber S. 547 vorlegt, ist dies Verhältniss (der a- und b-Messungen) höchst sinnstörend umgekehrt worden, indem unter der Rubrik der a-Muskeln die kleinen Längen statt der grossen eingetragen worden sind." — Da aus dieser Abfassung der Rüge Jeder, der sich nicht selbst von dem wahren Sachverhalt unterrichtet, schliessen wird, es sei das erwähnte Verhältniss von mir zu Volkmann's Nachtheile im umgekehrten Sinne gebraucht worden, so bemerke ich, dass die genannte Volkmann'sche vierzehnte Tabelle Seite 554 völlig richtig abgedruckt worden ist, während Seite 547 allerdings die Buchstaben b und a an den Köpfen beider Columnen verwechselt worden sind (wohl auf die Veranlassung, dass Volkmann ungebräuchlichermaassen die b-Columne der a-Columne vorgestellt hat) dass aber nirgends dieser Fehler in den Text Eingang gefunden hat. Einen solchen Fehler, er mag im Satze selbst oder in der letzten Revision des Manuscripts zu demselben seine Entstehung haben, nennt man einen Druckfehler; das Prädicat höchst sinnstörend kommt aber diesem Druckfehler nicht zu, da es wohl vorkommt, dass man den Text ohne die Tabellen, kein Mensch aber die Tabellen ohne den Text liest.

---

1) Archiv 1858. S. 547.

Ueber das Ausbleiben der Oeffnungszuckung bei starkem absteigenden Strome.

Von

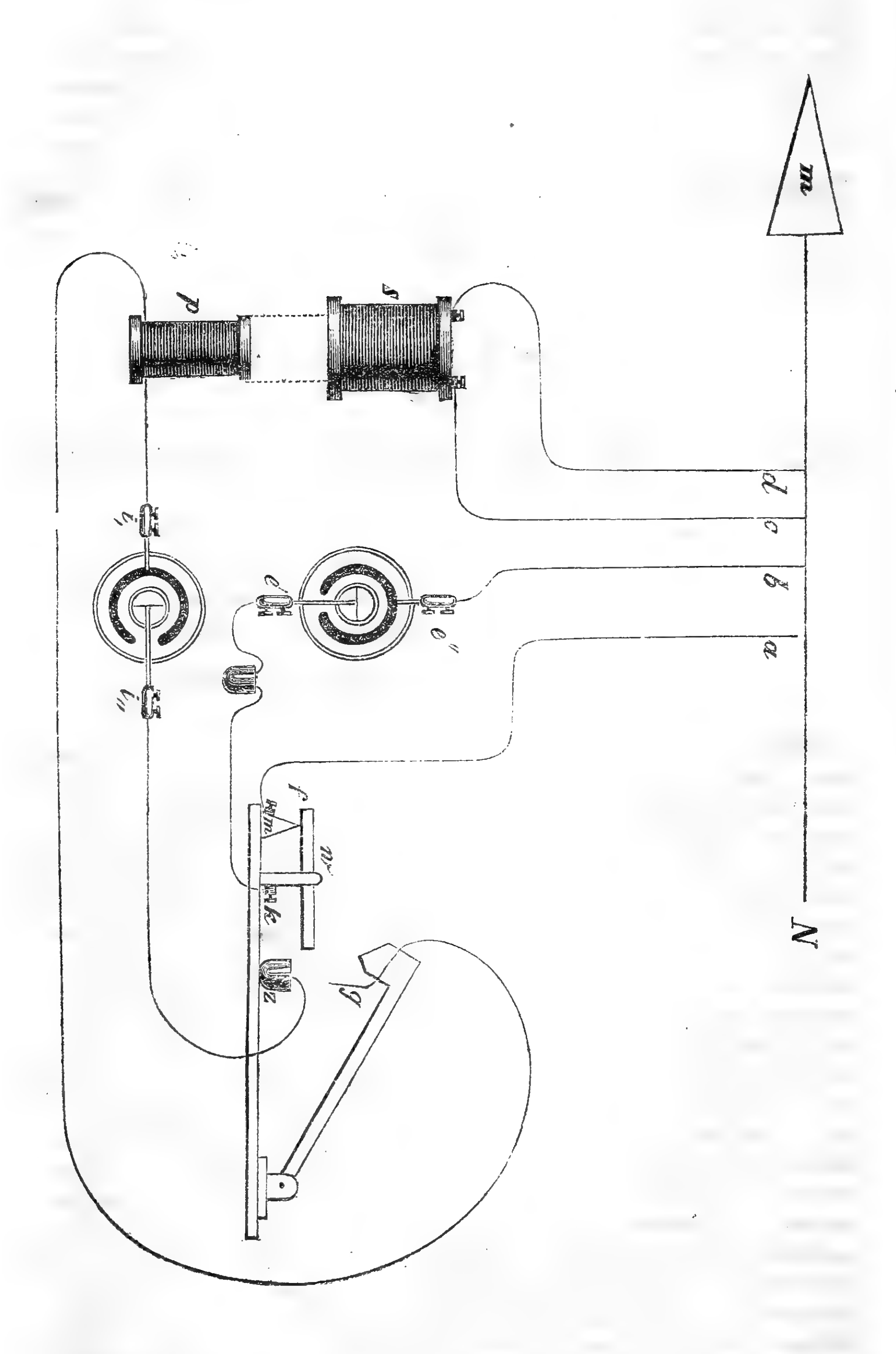
Franz Obernier, stud. med. in Bonn.

Das von Pflüger festgestellte Gesetz der Zuckung lautet für den absteigenden Strom wie folgt:

Schwacher Strom	Schliessung	Zuckung,
	Oeffnung	Ruhe.
Mittelstarker Strom	Schliessung	Zuckung,
	Oeffnung	Zuckung.
Starker Strom	Schliessung	Zuckung,
	Oeffnung	Ruhe.

Dies Verhalten des Nerven lässt sich aus der von demselben Autor aufgestellten Theorie des Zuckungsgesetzes einfach und leicht ableiten. Der Hauptsatz dieser Theorie (S. Pflüger's Untersuchungen über die Physiol. des Elektrotonus. Verlag von Hirschwald 1859. S. 456 ff.) lautet: „Erregt wird eine gegebene Nervenstrecke durch das Entstehen des Katelektrotonus und das Verschwinden des Anelektrotonus, nicht aber durch das Verschwinden des Katelektrotonus und das Entstehen des Anelektrotonus.“ Hiernach muss die Schliessung des absteigenden Stromes Zuckung geben, weil der bei der Schliessung erregende Katelektrotonus an den Muskel grenzt, also in diesem ohne Hinderniss eine Zuckung auszulösen im Stande ist. Bei der Oeffnung erregt das Verschwinden des Anelektrotonus den Nerven, allein diese Erregung hat, weil der Strom absteigend, die intrapolare Strecke und die früher vom Katelektrotonus jetzt von der negativen Modification d. h. dem Zustande herabgesetzter Erregbarkeit beherrschte Nervenstrecke zu durchsetzen. Deshalb gelangt dieselbe nur bei schwächeren Strömen, wo die negative Modification nicht schon die Leitungsfähigkeit des Nerven beeinträchtigt, zum Muskel; bei starken Strömen dagegen, wo die Leitungsfähigkeit der von der negativen Modification beherrschten Strecke verloren geht, kann selbstredend die durch das Verschwinden des Anelektrotonus

Fig. 1.



entstehende Erregung keine Zuckung auslösen, weil sie eben nicht zum Muskel gelangen kann. Das Vorhandensein dieser

negativen Modification gleich nach dem Verschwinden des Katelektrotonus hat Pflüger für den schwachen Strom durch den Versuch nachgewiesen, für den starken Strom aus seiner Theorie gefolgert (S. Pflüger a. a. O. S. 272 ff. u. S. 349 ff., ebenso Pflüger Disquisitiones de sensu electrico. Bonnae 1860. S. 10.). Dieser Fingerzeig, durch eine Theorie gegeben, aus der sich alle bekannten Thatsachen so einfach und naturgemäss ableiten, veranlasste den Verfasser, den experimentellen Nachweis der negativen Modification nach der Oeffnung des starken Stromes zu unternehmen. Es gelang mir dieses mit Hülfe folgender Methode (s. Fig. 1.).

Von dem positiven Endpole e' einer aus 5—10 Grove-schen Elementen bestehenden Stromkette führt ein Leitungsdraht zu der Klemmschraube (k) des Pflüger'schen elektromagnetischen Fallapparates. Von k kann der Strom zur Wippe w, von w durch Contact f zum Messingklötzchen m gelangen. Ein in m eingeklemmter Draht endet in einer Zinkelektrode a, die auf ein Holzklötzchen mit Siegellack befestigt ist. Neben dieser ist eine zweite Zinkelektrode b auf dieselbe Weise angebracht, die mit dem negativen Endpole e'' der erwähnten Stromkette in leitender Verbindung ist. Auf demselben Holzklötzchen befindet sich ein anderes Elektrodenpaar, c, d, das die beiden Enden der secundären Spirale eines Magnetelektromotors darstellt. Das eine Ende der primären Spirale dieses Magnetelektromotors ist mit dem negativen Pole i' eines Daniell'schen Elementes, das andere mit der am Hammer des Fallapparates befindlichen Metallspitze g in Verbindung. g ist vom Hammer isolirt und mithin niemals mit w in leitender Verbindung; ferner taucht g beim Herabfallen des Hammers in das Quecksilbernäpfchen z. In z endet gleichfalls der von dem positiven Pole i,, jenes Elementes kommende Draht, so dass also, wenn die Metallspitze g in z eintaucht, die primäre Spirale von einem Strome durchflossen wird, der in dem Momente seiner Entstehung einen zweiten in der secundären Spirale erzeugt. Der Nerv des zu untersuchenden Nerven-Muskelpräparates wurde auf die Elektroden so angelegt, dass das Elektrodenpaar a, b, das den elektrotonisirenden Strom zuführen soll, nach oben, das den Inductionsschlag zuleitende c, d dem Muskel näher liegt. In die Sehne des Gastroknemius wurde der schreibende Hebel des einfachen Pflüger'schen Myographions eingehakt, während der Oberschenkel von einer besonderen Klemme gehalten ward. Der Erfolg dieser Anordnung ist nun folgender. Schliesst man den elektrotonisirenden Strom, so durchfliesst derselbe bei aufgehobenem Hammer auf dem beschriebenen Wege die Nervenstrecke a b. Lässt man jetzt den Hammer des Fallapparates herunterfallen, so wird der polarisirende Strom durch Aufhebung des Contactes f unterbrochen, und einen Augenblick später taucht beim weiteren Fallen des Hammers die Spitze g in z, wodurch in der primären Spirale

ein Strom entsteht, der sofort in der secundären einen die Nervenstrecke c d durchsetzenden Inductionsschlag auslöst.

Die Zeit zwischen der Oeffnung des polarisirenden und der Schliessung des inducirenden Stromes oder der Reizung des Nerven betrug etwa 0,01 Sec. Dieser Werth wurde also gefunden. Der Abstand der unteren scharfen Kante des aufgehobenen Hammers von der oberen Fläche der Wippe betrug 23 Mm., der Abstand der Spitze g von dem Spiegel des Quecksilbers in z, wenn der Hammer eben w berührt, 7,5 Mm. Hieraus ergab sich die Zeit, in der der Hammer die ganze Strecke, also 23 Mm. + 7,5 Mm. durchfiel = 0,083 Sec.; der Zeitraum, in dem der Hammer die Strecke von 23 Mm. durchfiel, oder die Zeit zwischen dem Anfange des Fallens und dem Aufschlagen des Hammers auf die Wippe w = 0,073 Sec. Die Subtraction des Werthes 0,073 von 0,083 ergiebt die Zeit, in der der Hammer die Strecke von 7,5 Mm. durchfiel, oder die Zeit zwischen der Unterbrechung des polarisirenden Stromes und der Reizung des Nerven durch den Inductionsschlag = 0,01 Sec. Um nun die negative Modification mit Hülfe der angegebenen Methode zur Anschauung zu bringen, liess ich immer zuerst einen Inductionsschliessungsschlag den Nerven durchsetzen und die Zuckung durch das Myographion aufzeichnen; dann wurde der starke polarisirende Strom geschlossen, durch Herabfallen des Hammers wieder geöffnet, gleich darauf der Nerv durch denselben Inductionsschliessungsschlag gereizt und die Zuckung am Myographion aufgezeichnet.

Die mikroskopische Messung der Grösse der Zuckungen ergab dieselbe wie folgt:

Versuch I. Die polarisirende Stromkette bestand aus 6 Grove'schen Elementen.

Grösse der Zuckung ohne polarisirenden Strom	Grösse der Zuckung mit polarisirendem Strom
4,6 Mm.	0,3 Mm.
4,8 „	0,1 „
5,2 „	0,2 „
4,9 „	0,2 „
5,0 „	0,2 „
4,8 „	0,3 „
4,7 „	0,2 „
4,6 „	0,2 „
4,7 „	0,3 „
4,6 „	0,2 „
4,6 „	0,2 „
4,4 „	0,4 „
4,4 „	0,2 „
4,3 „	0,1 „
4,3 „	0,2 „
4,2 „	0,3 „
4,1 „	0,2 „
3,7 „	0,2 „
3,9 „	0,5 „
3,9 „	0,4 „

Versuch II. Die polarisirende Stromkette besteht aus 8 Grove'schen Elementen.

Grösse der Zuckung ohne polarisirenden Strom	Grösse der Zuckung mit polarisirendem Strom
6,2 Mm.	0,2 Mm.
5,7 „	0,2 „
3,8 „	0,2 „
4,9 „	0,3 „
3,5 „	0,1 „
2,9 „	0,1 „
5,3 „	0,1 „
5,2 „	0,2 „
3,3 „	0,1 „
2,3 „	0,2 „
4,1 „	1,3 „
6,4 „	1,5 „
5,9 „	2,4 „
6,0 „	2,2 „
5,2 „	2,2 „
4,5 „	1,4 „
4,4 „	2,2 „
4,6 „	1,4 „
3,6 „	2,0 „
4,4 „	2,4 „

Versuch III. Die polarisirende Stromkette besteht aus 10 Grove'schen Elementen.

Grösse der Zuckung ohne polarisirenden Strom	Grösse der Zuckung mit polarisirendem Strom
5,6 Mm.	0,2 Mm.
7,4 „	0,2 „
6,2 „	1,0 „
7,3 „	0,9 „
5,6 „	0,9 „
6,4 „	0,9 „
3,5 „	0,8 „
4,4 „	0,8 „
3,2 „	0,7 „
4,6 „	1,1 „
4,3 „	1,0 „

Verfassser glaubte die Anstellung des Versuches mit noch stärkeren Strömen unterlassen zu dürfen, weil einerseits von dem Nerven wohl kein anderes Verhalten zu erwarten war, andererseits der Nerv schon bei Anwendung von 10 Grove'schen Elementen bald durch die Einwirkung des Stromes zerstört ist.

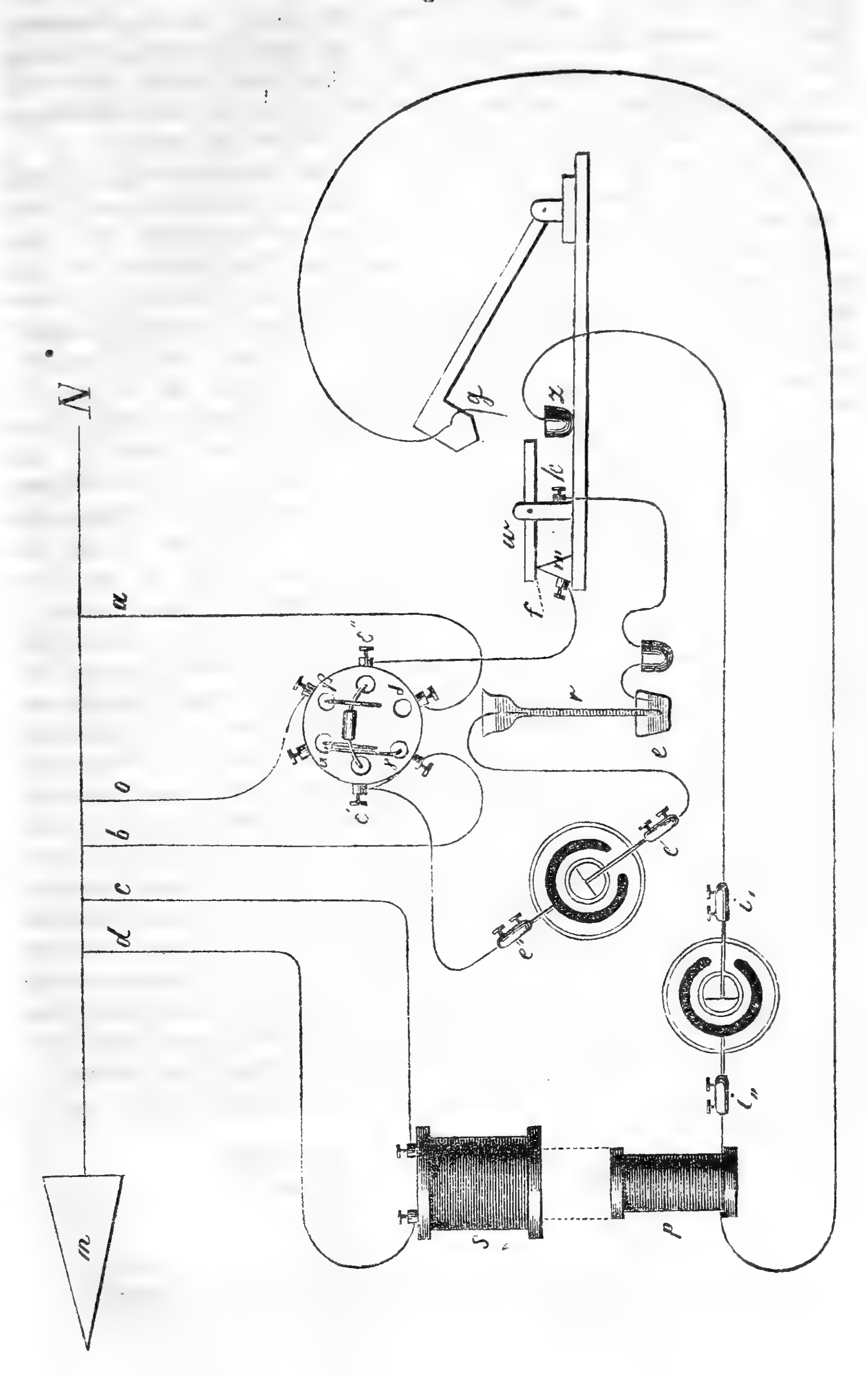
Um mich zu vergewissern, dass die negative Modification nicht durch Stromschleifen u. s. w. veranlasst sei, wurde der Nerv zwischen dem den polarisirenden Strom und dem den Inductionsschlag zuführenden Elektrodenpaar durchschnitten. Jetzt war die Zuckung, die der Inductionsschlag hervorrief, gleich gross, ob nun der polarisirende Strom vorher den Nerven durchflossen hatte, oder nicht. Unipolare Inductionswirkungen konnten keinen störenden Einfluss ausüben, weil diese, wie Pflüger nachgewiesen, nur beim Inductionsöffnungsschlage vorhanden sind, nicht aber beim Inductionsschliessungsschlage,

den ich zum Reizen anwandte.[1]) Eben so wenig wirkten die vom Elektrotonus selbst herrührenden elektromotorischen Kräfte störend ein, weil diese ja, nach du Bois, nur während der Schliessung des polarisirenden Stromes wirksam sind, die Reizung aber nach der Oeffnung desselben erfolgte. Wollte man indessen wegen der Schnelligkeit, mit der die Reizung nach der Oeffnung des polarisirenden Stromes erfolgte, annehmen, dass diese Kräfte noch wirksam wären bei der Reizung, so könnten diese einen mit der Richtung des Inductionsschlages gleichgerichteten Strom erzeugen oder einen der Richtung desselben entgegengesetzten. Dieser Umstand könnte also möglicherweise negative Modificationen hervorbringen. Allein dass dem nicht so ist, geht daraus mit Bestimmtheit hervor, dass, bei Umkehr der Richtung des Inductionsschlages die negative Modification eben so deutlich, wie bei der früheren Richtung desselben sich zeigt.

Wenn man einen galvanischen Strom eine lange Nervenstrecke durchfliessen lässt, so tritt ein stärkerer Elektrotonus auf, als wenn ein Strom von derselben Stärke eine kürzere Nervenstrecke durchströmt (S. Pflüger, Untersuchungen über die Physiologie des Elektrotonus. 1859. S. 249 ff.). Da nun das Auftreten der negativen Modification durch das Verschwinden des Katelektrotonus bedingt ist, so durfte man wohl erwarten, dass einem stärkeren Katelektrotonus auch eine stärkere negative Modification folgen werde, und dass mithin nach der Elektrotonisirung einer langen Nervenstrecke eine stärkere negative Modification zurückbleibe, als nach der einer kurzen. Um dieses durch den Versuch bestätigen zu können, musste der Strom abwechselnd bald eine lange, bald eine kurze Nervenstrecke durchfliessen und jedesmal nach der Oeffnung desselben die auftretende negative Modification untersucht werden. Dies wurde durch folgende Anordnung des Versuches erreicht. (S. Fig. 2.) Zwischen das Elektrodenpaar a b, das bei der vorigen Versuchsreihe den polarisirenden Strom zuführte, wurde eine dritte Zinkelektrode o angebracht. Letztere ist durch einen angelötheten Draht bei β, die äusserste Elektrode a bei δ, die Elektrode b endlich bei γ mit einem Commutator ohne Kreuz in Verbindung. Der von dem Messingklötzchen m des Fallapparates kommende Draht tritt bei ε'' zum Commutator, während der bei ε' befestigte zu dem negativen Endpole e'' der elektrotonisirenden Stromkette zurückführt. α ist mit γ durch einen starken Kupferdraht in leitender Verbindung. Da der Nerv ein schlechter Leiter der Elektricität ist, der Strom aber auf seinem Wege durch die lange Strecke an seiner Stärke nicht zu viel verlieren durfte, so wurde ausser dem Nerven in den Stromkreis noch ein grosser Leitungswiderstand eingeschaltet. Dieser grosse Leitungswiderstand bestand darin, dass der Strom eine nach Belieben lange oder kurze Strecke

1) Vergl. Archiv 1860. S. 857. [E. d. B.-R.]

Fig. 2.



concentrirter Kupfervitriollösung durchfliessen musste. Zu diesem Behufe wurde eine 2,5 Mm. weite und 30 Cm. lange mit

Fliesspapier unten verstopfte Glasröhre r mit concentrirter Kupfervitriollösung gefüllt und in einem Stativ so eingeklemmt, dass das untere Ende derselben in ein mit derselben Lösung gefülltes Gefäss e tauchte. In die Glasröhre wurde nun von oben das eine Ende des durchschnittenen kupfernen Zuleitungsdrahtes hineingesteckt, in das untere Gefäss das andere.

Betrachten wir nun den Erfolg dieser Anordnung. Liegt die Wippe so, dass die Bügel derselben in das bei α und β den Contact vermittelnde Quecksilber tauchen, so geht der von dem positiven Pole e' der Stromkette kommende Strom durch die mit concentrirter Kupfervitriollösung gefüllte Glasröhre r zur Achse der Wippe w am Fallapparat, von w bei gehobenem Hammer durch Contact f zum Messingklötzchen m, von m endlich bei ε'' zum Commutator. Diesen verlässt derselbe bei β, durchströmt von o bis b den aufgelegten Nerven, fliesst durch b zu γ, von hier durch den verbindenden Kupferdraht nach α, von α nach ε' und endlich von ε' nach e''. Der Strom durchfliesst also bei der beschriebenen Lage der Wippe die Nervenstrecke o b. Legen wir nun die Wippe um, so geht der Strom bis ε'' denselben Weg wie vorhin, geht nun aber nach δ, von hier über a durch den aufgelegten Nerven nach b, von b über γ nach ε' und e''. Jetzt geht also der Strom durch die lange Nervenstrecke a b; auf diese Weise kann der Strom durch Umlegen der Wippe bald der langen, bald der kurzen Strecke zugeführt werden. Der Versuch selbst wurde nun folgendermaassen angestellt. Nachdem ein passend starker Inductionsschlag gefunden, wurde dieser gleich nach der Unterbrechung des die kurze Nervenstrecke durchströmenden polarisirenden Stromes dem Nerven zugeführt, und die dann erfolgende Zuckung am Myographion aufgezeichnet, hiernach ohne Verzug dasselbe Verfahren bei der langen Strecke angewandt. Die mikroskopische Messung der beiden Zuckungen ergab deren Grösse wie folgt. Noch sei bemerkt, dass die lange Nervenstrecke 21 Mm., die kurze 2,5 Mm. und die Entfernung der Drahtspitze, die in die mit concentrirter Kupfervitriollösung angefüllte Glasröhre taucht, von dem Ende der letzteren 23,5 Cm. betrug.

Versuch I. Die polarisirende Stromkette besteht aus 3 Grove'schen Elementen.

Kurze Strecke	Lange Strecke
4,8 Mm.	0,8 Mm.
1,2 „	0,8 „
1,2 „	0,9 „
1,8 „	1,8 „
Die polaris. Stromkette wird auf 7 Elemente vermehrt.	
4,6 Mm.	3,0 Mm.
4,6 „	3,6 „
4,2 „	3,6 „
4,5 „	2,5 „
4,2 „	3,3 „
3,3 „	3,3 „
3,2 „	3,2 „

Auch bei Vermehrung der Stromkette auf 10 Grove'sche Elemente bleibt die Grösse beider Zuckungen ganz gleich.

Versuch II. Die polarisirende Stromkette besteht gleich anfangs aus 6 Grove'schen Elementen; im Uebrigen sind die Bedingungen dieselben wie vorhin.

Kurze Strecke	Lange Strecke
5,1 Mm.	4,4 Mm.
5,2 „	3,2 „
5,1 „	3,2 „
4,6 „	2,7 „
4,7 „	2,1 „
4,7 „	2,1 „
4,5 „	0,6 „
2,9 „	1,2 „
2,0 „	0,7 „
2,6 „	0,6 „
2,5 „	0,6 „
2,7 „	2,6 „

Die Stromkette wird auf 10 Elemente vermehrt.

4,5 Mm.	4,0 Mm.
4,6 „	4,2 „
4,8 „	4,8 „

Versuch III. Die lange Nervenstrecke beträgt 11 Mm., die kurze 2,5 Mm. Die Stromkette besteht aus 8 Grove'schen Elementen.

Kurze Strecke	Lange Strecke
0,9 Mm.	0,2 Mm.
1,1 „	0,5 „
2,5 „	2,2 „
2,4 „	2,1 „
2,6 „	2,7 „
2,5 „	2,6 „
2,4 „	2,4 „

Die Stromkette wird auf 10 Elemente vermehrt.

5,6 Mm.	5,4 Mm.

Versuch IV. Die Stromkette besteht aus 5 Elementen. Die sonstigen Bedingungen wie bei Versuch III.

Kurze Strecke	Lange Strecke
1,6 Mm.	0,9 Mm.
1,5 „	1,1 „
2,0 „	1,7 „
1,8 „	1,7 „
2,3 „	2,7 „

Die Stromkette wird auf 7 Elemente vermehrt.

2,5 Mm.	2,2 Mm.
2,5 „	2,4 „

Die Stromkette wird auf 10 Elemente vermehrt.

3,2 Mm.	3,2 Mm.
3,2 „	2,0 „
2,0 „	2,0 „

Hieraus geht also hervor, dass, wie nach der Pflüger-schen Theorie zu erwarten war, nach der Elektrotonisirung einer langen Nervenstrecke eine stärkere negative Modification auftritt, als nach der einer kurzen.

Um zur bestimmten Ueberzeugung zu gelangen, dass das negative Verhalten nicht Folge von Stromschleifen u. s. w. sei, wurde der Nerv zwischen den Elektroden c und d durchschnitten, und nun, während der geschlossene polarisirende Strom bald die lange, bald die kurze Nervenstrecke durchfloss, der Inductionsschlag durch den Nerven gesandt, in Folge dessen der Muskel jetzt ganz gleiche Zuckungen aufzeichnete, ob nun die lange oder die kurze Strecke vom polarisirenden Strom durchflossen war. Was unipolare Inductionswirkungen, die vom Elektrotonus herrührenden elektromotorischen Kräfte u. s. w. betrifft, so beziehe ich mich auf das oben hierüber Gesagte.

Indem ich mir vorbehalte, über die Abhängigkeit der negativen Modification nach starkem Strome von der Zeit noch Versuche anzustellen, glaube ich es hier nicht unterlassen zu dürfen, Herrn Prof. Pflüger für die grosse und zuvorkommende Bereitwilligkeit, mit der er mir seinen starken Beistand angedeihen liess, meinen Dank auszusprechen.

Ueber einen bei gänzlicher oder theilweiser Abwesenheit des Amnios beständig vorkommenden Anhang der Cutis am Nabel der Vogelembryonen.

Von

C. B. Reichert.

(Hierzu Taf. VII.)

Die Missbildungen der Vogelembryonen sind neuerdings von Panum zum Gegenstande ausführlicher Untersuchungen gemacht. In seinem Werke (Untersuchungen über die Entstehung der Missbildungen u. s. w. Berlin 1860. S. 48 seq.) werden auch mehrere Fälle von theils gänzlichem Mangel, theils rudimentärer Bildung des Amnios besprochen, wobei zugleich darauf hingewiesen wird, dass dieselben, namentlich bei Erkrankung des oberen Blattes des Embryo's, in Folge von Verbindung und Verklebung desselben mit der Dotterhaut und anderen Blättern auftreten.

Gänzliche oder theilweise Abwesenheit des Amnios ist mir bei Säugethieren bisher noch nicht vorgekommen; bei künstlicher Bebrütung der Vogeleier gehört sie nicht zu den ganz seltenen Erscheinungen. Erst in neuerer Zeit jedoch entdeckte ich bei einem Embryo, bei welchem keine Spur des Amnios vorhanden war, und der Fig. 1. Taf. VII. dargestellt ist, ein ganz eigenthümliches Verhalten der Cutis in der Umgebung

des mehr oder weniger geschlossenen Hautnabels. Die Cutis setzt sich nämlich, gedeckt von der Umhüllungshaut, mehrere Linien weit auf dem Dottersack fort und endigt daselbst ungefähr mit einer kreisförmigen Begrenzung. Man erkennt dies leicht bei der Flächenansicht des Embryo's in obiger Figur, bei welcher am hinteren Ende desselben die unter der Umhüllungshaut sich ausbreitende, kreisförmig begrenzte Allantois, in der Gegend des Nabels dagegen, die in Rede stehende kreisförmig begrenzte Dependenz der Cutis sichtbar ist. Ich habe gleichzeitig zwei Querschnitte von Embryonen ohne Amnios aus der Hautnabelgegend hinzugefügt; an ihnen erkennt man das Lageverhältniss der einzelnen Anlagen des Embryo's und der im Gefässhof sich ausbreitenden peripherischen Theile desselben. Der Durchschnitt Fig. 2 gehört zum Embryo in Fig. 1, der in Fig. 3 zu einem Embryo, bei welchem die Abschnürung des Hautnabels noch nicht stattgefunden hatte. An einem feinen Schnittchen der bezeichneten Dependenz am Hautnabel vermochte ich ganz deutlich den Uebergang derselben in den für die Abschliessung der Rumpfhöhle bestimmten Theil der Cutis und darüber, als Decke, die epitheliumartige Umhüllungshaut mit Hülfe des Mikroskopes zu unterscheiden und sogar beide Bestandtheile theilweise von einander zu trennen.

Ich habe die beschriebene Erscheinung später bei jedem Embryo wiedergefunden, dem das Amnios ganz oder zum Theil fehlt. So war in einem Falle nur die Kopfscheide des Amnios vorhanden, Schwanzscheiden und Seitenplatten desselben fanden sich nicht vor. Hier war auch nur die hintere Hälfte obiger Dependenz der Cutis im Hautnabel sichtbar; sie setzte sich in die Kopfscheide so fort, dass der peripherische Rand nach vorn in den concaven Rand der Kopfscheide auslief. Der erwähnte Anhang der Cutis ist ganz gewöhnlich durch Runzeln und Falten ausgezeichnet. Von anderen Erscheinungen an Embryonen ohne Amnios will ich hervorheben, dass gewöhnlich eine leichtere oder stärkere Verkrümmung des Rückgrats sich zeigte, und dass regelmässig eine reichliche Ansammlung von Flüssigkeit, die ich nicht näher untersuchen konnte, in der Bauchhöhle sich vorfand, die sich hier zwischen der Dependenz der Cutis am Nabel und dem Stratum intermedium auf dem Dottersack erweiterte (Fig 2 und 3; r). Sollte diese Flüssigkeit vielleicht die Stelle des Liquor amnii vertreten?

Die Erläuterung dieser Missbildung ist einfach, sobald man sich daran hält, was ich über die Bildung des Amnios in meiner Schrift (das Entwickelungsleben u. s. w. S. 164 ff.) mitgetheilt habe. Ich zeigte nämlich, dass das Amnios eine Dependenz desjenigen Theils der Cutisanlage darstelle, die nach Abschnürung der Fovea cardiaca Wolff's (Kopfabtheilung der Visceralröhre) zur Abschnürung und Abschliessung der Rumpfabtheilung der Visceralröhre vorschreite. Bevor aber Letzteres eintrete, entwickele die für die Visceral- oder Bauchröhre des

Rumpfes bestimmte Cutisanlage eine Dependenz, die, gedeckt von der Umhüllungshaut, vorn als Kopfscheide, hinten als Schwanzscheide, von den Seiten als Seitenplatten des Amnios auf den Rücken des Embryo's heraufwachse und zur Amnioshülle sich schliesse. Dieser letztere Bildungsprozess kann nun, wie die besprochenen Missbildungen lehren, entweder gar nicht oder nur theilweise erfolgen; so entsteht Mangel oder rudimentäre Ausbildung der Amnioshülle. Gleichwohl erhält sich in der Cutisanlage, die zur Bauchröhre am Rumpfe sich abschliessen soll, die Neigung zur Entwickelung jener Dependenz, die in normalen Fällen zur Amnioshülle auf den Rücken des Embryo's heraufwächst. Es bildet sich der oben beschriebene Anhang am Hautnabel, der sich mehr oder weniger weit auf den Dottersack hinzieht und in gewissem Sinne als das missgebildete Aequivalent der Amnioshülle anzusehen ist.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Flächenansicht eines des Amnios entbehrenden Embryo der Gans nach 7tägiger Bebrütung. a. Grosshirnbläschen, b. erstes, c. zweites, d. drittes Hirnbläschen; o. Auge; m. Oberkieferfortsatz; e. Ohrlabyrinthbläschen; f. zweiter Visceralbogen mit der Kiemendeckelwulst; h. Herz; g. vordere, g' hintere Extremität; i. Hautnabel; A. mit kreisförmigem Rande aufhörender, stark gefalteter Anhang der Cutis am Hautnabel, — das missgebildete Aequivalent des Amnios; k. Allantois; l. peripherischer Theil des Stratum intermedium in der Area vasculosa mit seinen Gefässen. Ueber A, k, l zieht die Umhüllungshaut hinweg.

Fig. 2. Querdurchschnitt von demselben Embryo aus der Hautnabelgegend; es liegt die Schnittfläche des hinteren Stückes mit den hinteren Extremitäten vor. p. Rücken des Embryo; z. Bauchfortsatz; z' Rückenfortsatz des Wirbelsystems; m. Rückenmark; ch. Chorda dorsualis; n. Aorta; n' Lumina der Cardinalvenen; y. Wolff'sche Körper; v. Bauchfortsatz der Cutis mit den Lumina der Umbilicalvenen; i. Hautnabelgegend. A. Durchschnitt des gefalteten von der Umhüllungshaut bekleideten Anhangs der Cutis; A' der auf der linken Seite des Bildes entfernter vom Hautnabel gelegene peripherische Rand desselben; u. Umhüllungshaut in der Area vasculosa, den peripherischen Theil des Stratum intermedium überziehend; r. zwischen dem Anhange der Cutis und dem peripherischen Theil des Stratum intermedium gelegener und mit Flüssigkeit gefüllter Hohlraum, der sich in die Bauchhöhle fortsetzt; s. abgeschnittenes vorderes Randstück der Allantois; t. Durchschnitt des Darmes, t' Darmgekröse; x' peripherischer Theil des Stratum intermedium durch den Ductus omphalomesaraicus mit dem Darm in Verbindung stehend.

Fig. 3. Durchschnitt eines Embryo vom Hühnchen, bei welchem die Abschliessung der Bauchhöhle durch die Cutis noch nicht stattgefunden hatte. A. Anhang des Bauchfortsatzes der Cutis, gedeckt von der Umhüllungshaut, die sich linkerseits im Bilde, in der Gegend des Hautnabels, eine kleine Strecke weit von demselben abgelöst hat; w. Ausführungsgang der Wolff'schen Körper; x. centraler Theil des Stratum intermedium in der Abschnürung begriffen; alle übrigen Buchstaben bedeuten dasselbe wie in Fig. 2.

Die kolbenförmigen Gebilde in der Haut von *Petromyzon* und ihr Verhalten im polarisirten Lichte.

Von

Prof. Max Schultze in Bonn.

(Hierzu Taf. V. und VI.)

(Fortsetzung.)

Die Verschiedenheiten nun, welche in Betreff der Polarisationsverhältnisse zwischen einem geschichteten Cellulosekörper und einem Muskelprimitivbündel herrschen, finden wir beide neben einander an unseren Kolben der Neunaugenhaut. Der angeschwollene obere Theil zeigt schon bei gewöhnlichem Lichte deutliche Schichtung, und verhält sich wie eine Cellulosekugel, der Hals dagegen hat keine Spuren einer regelmässigen, um die Längsaxe angeordneten Schichtung und verhält sich wie eine Muskelfaser. Er zeigt im natürlichen oder künstlichen Querschnitt (ersterer ist die auf die Lederhaut aufstossende abgeplattete Fläche) kein Kreuz, während am oberen Ende dies von allen Seiten her zu sehen ist.

So eigenthümliche Gebilde wie die beschriebenen werden nicht ohne eine eigenthümliche Function sein, und es kommt nun darauf an, diese zu ergründen. Dass ihre flaschenförmige Gestalt Veranlassung gab, sie für secernirende Organe, einzellige Drüsen oder dergleichen zu halten, ist verzeihlich, wenn man bedenkt, dass ihre Lage verkannt worden. Der Hals sollte nach Kölliker an der Oberfläche der Epidermis stehen, und da sich an diesem öfter Spuren eines Canales oder strangförmige Reste unveränderten Protoplasma's zeigten, so konnte die angeführte Ansicht einigermaassen gestützt erscheinen. In der That ist nun aber die Lage die umgekehrte, so dass jeder Gedanke an ein drüsiges Organ ausgeschlossen werden muss.

Was, so fragt man sich, könnten denn die Kolben in der Epidermis bedeuten? Aus homogener, ich möchte sagen fester Eiweisssubstanz gebildet, jedenfalls consistenter als gewöhnliches Protoplasma, in mehrfacher Beziehung mit der contractilen Substanz quergestreifter Muskelfasern übereinstimmend, passen sie so wenig zu den übrigen Epidermiszellen, dass man sie vielmehr mit tieferen Schichten der Gewebe in Verbindung zu bringen versucht wird. Die Kolben ruhen auf der Lederhaut auf und würden wir diese Verbindung, so wie die Elemente der Lederhaut selbst, namentlich an den Verbindungsstellen, näher in's Auge zu fassen haben. Jedenfalls ist auffallend, wie Jeder zugeben wird, dass während das Verhältniss der Kolben zu der Oberfläche der Epidermis je nach ihrer Länge sehr variirt, ihr Verhältniss zur Lederhaut stets dasselbe bleibt, und deutet dies in wohl zu beachtender Weise auf eine gewisse Verbindung und Beziehung beider.

Die Undurchsichtigkeit der Epidermis und der Lederhaut schon im frischen Zustande, und die Schwierigkeit bei der Weichheit der hier in Betracht kommenden Gewebe hinreichend dünne Schnitte anzufertigen, macht vor Allem eine künstliche Erhärtung der Gewebe nothwendig. Diese habe ich auf dreierlei Weise erreicht, mit starkem Spiritus oder absolutem Alkohol, mit starken Chromsäurelösungen von 2—3 Gran auf die Unze Wasser und endlich mit Holzessig. In diesen Flüssigkeiten wird die Epidermis zusammen mit der Lederhaut so fest, dass man bequem durch alle beide feine Schnitte legen kann, wobei die Elemente ersterer ihre Lage unverändert beibehalten. Die feinen Schnitte der Chromsäure- und Alkoholpräparate macht man mit sehr verdünnter Essigsäure oder Lauge durchsichtiger, was bei Holzessigpräparaten nicht nöthig ist. An letzteren ist die Lederhaut ein wenig angequollen, an ersteren wird sie es durch den Zusatz von Säuren oder Alkalien. Dieses Aufquellen darf nicht stürmisch geschehen, sondern muss in ganz allmähliger Weise während der Beobachtung von Statten gehen. Auch kann man gut erhärtete Spirituspräparate in

ganzen Stücken und vor dem Schneiden in Holzessig durchsichtig machen.

An solchen rechtwinklig auf die Oberfläche angelegten feinen Schnitten bemerkt man, wie in Fig. 4 gezeichnet ist, zunächst, dass die Lederhaut aus ziemlich gleichbreiten Bündeln oder Platten zusammengesetzt ist, zwischen denen dunklere Linien die Grenzen bezeichnen. Die Richtung der Fasern und Faserbündel ist in verschiedenen Lagen verschieden, und zwar meist so, dass wenn in der einen Schicht die Fasern parallel der Längsaxe des Fisches verlaufen, sie in der folgenden eine Richtung rechtwinklig auf die erste haben, also ringförmig den Fisch umkreisen. Wie in der ersten, so verlaufen sie auch in der dritten, und wie in der zweiten so in der vierten Schicht u. s. f. Dies Verhältniss ist an schiefen Schnitten d. h. solchen, welche z. B. die Längsaxe des Fisches in einen Winkel von 45° treffen, gut zu sehen. Die untere Grenze der Lederhaut wird überall durch eine sehr undurchsichtige Pigmentschicht bezeichnet, unter welcher dann ein dickes Fettlager folgt.

Weiter bemerkt man an solchen Schnitten, dass die Lederhaut von zahlreichen feinen Fasern durchsetzt wird, welche bald durch die ganze Dicke, bald nur durch einen Theil derselben rechtwinklig zur Oberfläche aufsteigen, an der Grenze von Epidermis und Lederhaut endigen, und hier zum Theil in eine deutliche Verbindung mit den Kolben der Epidermis treten. Die Fasern bestehen in ihrem Haupttheile aus Bindegewebe. Sie entstehen an den Grenzen der die Lederhaut bildenden Platten aus Theilen dieser letzteren, indem sich die Oberfläche derselben trichterförmig erhebt und zu einem feinen vielleicht hohlen Faden gestaltet, welcher die folgenden Schichten entweder einfach durchsetzt oder auch von ihnen neuen Zuwachs durch ähnliches Ablösen neuer Oberflächenschichten erhält. So lässt sich der Faden je nach der Dicke und Richtung des Schnittes auf längere oder kürzere Strecken verfolgen. Viele sah ich die ganze Dicke der Lederhaut durchsetzen, und wie sie dreieckig aus den tiefen Schichten anfingen, so auch dreieckig an der Oberfläche wieder

endigen. Es sind sicher eine Art von Stützfasern, welche eine innige Verbindung der einzelnen Bindesubstanzplatten unter einander vermitteln. Sie scheinen nach dem, was ich bei anderen Fischen gesehen habe, eine grosse Verbreitung zu besitzen und dürften auch in anderen geschichteten Bindegewebshäuten in ähnlicher Weise vorkommen.

Wenn bei diesen Fasern die Zusammensetzung aus röhrenförmig in einander steckenden Bindegewebsscheiden keinem Zweifel unterliegen kann, so fällt bei aufmerksamer Betrachtung derselben doch noch eins auf, was eine neue Complication der Bildung andeutet. Es ist ein im Centrum der in einander steckenden Bindesubstanzröhren verlaufender feiner Faden, welcher nicht bindegewebiger Natur zu sein scheint, indem seine Entstehung sich auf keine der Bindesubstanzlamellen der Lederhaut zurückführen lässt. Der Faden ist verschwindend fein und bietet somit keine besonders bemerkenswerthen Structurverhältnisse. Ich sah ihn an solchen radiären Fasern, die durch die ganze Dicke der Lederhaut verfolgt werden konnten, schon in den tiefsten Schichten derselben, und schien es, als ob er schon unter der Lederhaut als solcher existire, folglich als etwas derselben Fremdartiges in sie eintrete. Unter der Lederhaut befindet sich bei *Petromyzon*, wie schon erwähnt, eine Lage sehr dunklen Pigmentes, auf welches sogleich eine dicke Lage von Fettgewebe folgt. Leider ist es unmöglich, des dunkeln Pigmentes wegen, irgend etwas in diesem Unterhautgewebe mit Deutlichkeit zu erkennen, und so hätte auch auf eine Entscheidung über die Herkunft der erwähnten feinen Fasern Verzicht geleistet werden müssen, hätte sich nicht glücklicherweise an einer bestimmten Körperstelle eine günstigere Anordnung der Theile gefunden.

Indem ich verschiedene Körpergegenden von *Petromyzon* durchforschte, kam ich auf die am Kopfe angebrachten reihenweis stehenden Grübchen der Haut, deren feineren Bau zu studiren mir in mehrfacher Beziehung lockend erscheinen musste. Schnitte durch dieselben lehrten, dass an ihnen, wie in ihrer unmittelbaren Umgebung die Pigmentschicht unter der Lederhaut viel durchsichtiger sei, als an anderen Stellen. So-

gleich stellte sich denn auch heraus, dass in diesem nur schwach pigmentirten Unterhautgewebe, welches aus lockerem Bindegewebe besteht, einzelne sehr scharf conturirte, ziemlich dicke Fasern aufsteigen, welche sich dicht unter oder erst in der Lederhaut in feinste Fäserchen theilen, welche zu Axenfasern solcher radiären Bindegewebsfasern werden, wie wir sie beschrieben haben. Eben solche Fasern, wie sie in der pigmentirten Unterhaut aufsteigen, verlaufen auch in grosser Zahl zu den Epidermisgrübchen, auf deren Untersuchung ich ausging, um hier an einer eigenthümlichen sehr dünnen Stelle der Oberhaut zu endigen. Der Bau dieser Stellen ist der Art, dass, was nach der Analogie mit ähnlichen Bildungen bei anderen Fischen zu vermuthen war, wir in ihnen eine Art von Sinnesorganen erblicken dürfen. Das Epithel im Grunde der Epidermisgrübchen ist ein ganz anderes als in der Umgebung, aus sehr schwer isolirbaren, langgestreckten, schmalen Zellen gebildet, zu denen wie zu directer Verbindung mit ihnen Fasern aus der Tiefe aufsteigen, welcher aller Wahrscheinlichkeit nach Nervenfasern sind. Eben solche Fasern nun sind es, welche seitlich von diesen Kopfgruben überall in der pigmentirten Unterhaut, und auch tiefer, oft deutlich auf weite Strecken in dem Fettgewebe aufsteigend verfolgt werden konnten, um nach feiner Verästelung im Inneren solcher aus Bindegewebsröhren zusammengesetzter radiären Fasern durch die Lederhaut bis an die Epidermis zu treten.

Bekanntlich fehlen, nach Stannius' Entdeckung, den *Petromyzon* markhaltige Nervenfasern. Hirn, Rückenmark und peripherische Nerven sind im frischen Zustande grau und halb durchscheinend, die weisse Farbe, welche die Nerven anderer Thiere und des Menschen auszeichnet, fehlt hier durchaus und beruht dieser Umstand auf der gänzlichen Abwesenheit einer dem sogenannten Nervenmark vergleichbaren Substanz. Die Nerven bestehen aus blossen Axencylindern, welche mit Ausnahme der Fasern der Centralorgane und der äussersten peripherischen Enden von einer kernhaltigen Bindegewebsscheide (Schwann'schen Scheide) umhüllt sind. Reissner[1]) glaubt

1) Dieses Archiv 1860. S. 569.

neuerdings wieder sich überzeugt zu haben, dass die Fasern des Rückenmarkes von *Petromyzon*, sowohl die dünnen als die dicken sogenannten J. Müller'schen, in zwei Bestandtheile zerfallen, eine peripherische ganz wasserklare Rindensubstanz, der Markscheide entsprechend, und einen Axencylinder, welcher bald mehr, bald weniger Raum in der Faser einnehme, bald dicker, bald dünner, halbmondförmig im Querschnitt oder sternförmig oder cylindrisch sei. Die Abbildung a. a. O. Taf. XIV. Fig. 1 giebt eine sehr klare Darstellung eines Präparates, an welchem eine solche Scheidung der Bestandtheile der Rückenmarksfasern zu sehen ist. Solche Präparate sind leicht zu gewinnen durch Erhärtung des Rückenmarkes in stärkeren Lösungen der Chromsäure oder chromsauren Kali's. Sie entsprechen aber nicht dem natürlichen Zustande, in welchem die Axencylinder einen kreisrunden Querschnitt darbieten. Sie füllen im frischen Zustande den Raum in der Grundsubstanz des Rückenmarkes, welcher in der Reissner'schen Zeichnung nur unvollständig von den Axencylindern ausgefüllt wird, vollständig aus, so dass kein Zwischenraum für eine dem Nervenmarke analoge Substanz übrig bleibt. Ich habe das schon in meiner Schrift: „Observationes de retinae structura penitiori" pag. 5 betont und muss dabei beharren. Reissner würde eine richtigere Ansicht von der Natur der *Petromyzon*-Nerven gewonnen haben, wenn er, was für alle Untersuchungen mit Chromsäure und chromsaurem Kali so wichtig ist, verschiedene genau bestimmte Concentrationsgrade der Flüssigkeiten zur Erhärtung angewandt, und dann noch die Zeitdauer der Einwirkung mit berücksichtigt hätte. Ich habe immer und immer wieder in meinen Publicationen über Nervenendigungen darauf aufmerksam gemacht, wie wichtig für alle mit den genannten Flüssigkeiten vorzunehmende Untersuchungen diese Punkte sind. Doch scheut man sich, wie es scheint, die schärferen Methoden zu benutzen und geht lieber den alten Schlendrian fort. Man wirft ein Präparat in eine beliebige etwa nach der Farbe als weingelb oder Madeira-gelb bestimmte Lösung, und glaubt nun, was man hier nach Tagen oder Wochen findet, sei im frischen Zustande auch so gewesen. Diese Unsitte, gegen

welche ich schon im Jahre 1856 angekämpft (Ueber die Endigungsweise des Geruchsnerven in den Monatsber. der Berliner Akademie) und welche ich zunächst für die Untersuchung der Nasenschleimhaut durch ganz bestimmte Vorschriften zu verdrängen versucht habe, ist Ursache vieler trauriger Meinungsverschiedenheiten der Histiologen. Und vollkommen unbegreiflich muss es erscheinen, wenn Beobachter, wie Hoyer in Warschau, indem sie über einen Gegenstand arbeiten, für den die Methoden genau angegeben sind, ohne sich dieser Methoden bedient zu haben, sich in absprechender Weise hören lassen. Es ist ein Beweis, wie tief das Vertrauen der Histiologen zu einander gesunken, wenn so etwas vorkommen kann, wie Hoyer es ausgesprochen hat, dass die Riechzellen zwischen den Epithelialzellen der Nasenschleimhaut nur von der Kante gesehene und pfropfenzieherförmig gedrehte glatte Epithelialzellen seien. Einen schlagenderen Beweis für die Oberflächlichkeit seiner Untersuchungen, als in diesem Ausspruche enthalten, konnte Hoyer nicht geben. Doch will ich ihm denselben zu Gute halten, da er in seiner Inaugural-Dissertation enthalten und er die Vertretung desselben vielleicht nicht allein übernehmen mag. Jedenfalls hoffe ich von der Wahrheitsliebe des Genannten, nachdem er die Riechzellen zweimal geläugnet, dass er nun auch anzeigen wird, wenn es ihm gelungen sein wird, mit Hülfe der besseren, von mir als durchaus unentbehrlich bezeichneten Methoden, dieselben zu sehen.

Wie es bei der Untersuchung peripherischer Nervenenden so wichtig ist, wenn man die Axencylinder in natürlichen Dickendimensionen beobachten will, sich der dünnen Chromsäurelösungen von $^1/_8$—$^1/_4$ Gran auf die Unze Wasser (= $^1/_{2000}$ —$^1/_{4000}$ Chrsre) oder Lösungen von Kali bichromicum 1—4 Gran auf die Unze Wasser zu bedienen, so ist es auch bei den Axencylindern der Centralorgane des Nervensystems. Mit solchen Lösungen behandeltes Rückenmark von *Petromyzon*, vorausgesetzt dass es nicht länger als einige Tage in den Flüssigkeiten lag, zeigt die Axencylinder in einem Aussehen annähernd wie im frischen Zustande, den man natürlich stets zu vergleichen hat.

Man kann dieselben aber durch Zerzupfen viel besser isoliren als im frischen Zustande, wegen Maceration der Zwischensubstanz, und kann bei allmählig eintretender Erhärtung, die bei so dünnen Lösungen freilich erst nach einigen Wochen ganz genügend erfolgt, dünne Querschnitte gewinnen. Zum Erhärten ist Kali bichrom. besser, da das Präparat in den dünnen Chromsäurelösungen meist bald verschimmelt. Durch Anfertigung solcher Präparate wird man sich von der Richtigkeit des eben über die Rückenmarkfasern von *Petromyzon* Gesagten überzeugen. Andererseits ist es ein Leichtes, durch verschiedene stärkere Concentrationsgrade alle Uebergänge bis zu dem Verhalten in der Reissner'schen Abbildung zu erhalten. In den breiten Axencylindern selbst ist eine gewisse Verschiedenheit von mehr homogener, sehr feinkörniger Rindensubstanz und etwas grobkörnigerer Axensubstanz zu unterscheiden, doch ist das etwas ganz anderes, als was Reissner meint, ist vielmehr eine Wiederholung der bei so vielen Zellen auftretenden Verschiedenheit von Rindenschicht und Marksubstanz des Protoplasma, Ueberwiegen der homogenen Grundsubstanz des Protoplasma in dem einen, Ueberwiegen der Körnchen des Protoplasma in dem anderen Falle.

Wenn nun also, wie hiernach festzuhalten ist, die *Petromyzon*-Nervenfasern nur aus Axencylindern bestehen, wie soll man sie von anderen Fasern z. B. vom Bindegewebe unterscheiden? So lange sie in Bündeln beisammen liegen, wie in den Stämmchen, und jeder Axencylinder seine kernhaltige Schwann'sche Scheide hat, ist die Unterscheidung nicht so schwer, aber an der Peripherie, wo die Scheide verloren geht, wächst die Schwierigkeit ausserordentlich. Ein ganz charakteristisches Kennzeichen weiss ich nicht anzuführen. Varicositäten, wie ich sie für die Erkennung peripherischer Axencylinder mancher Körpergegenden vieler Thiere und des Menschen als sehr wichtig beschrieben habe, sind bei *Petromyzon* bisher durch kein Mittel hervorzurufen gewesen, und wäre überhaupt an der Haut, wo es sich immer um dünne Schnitte stark erhärteter Präparate handelt, auf solche nicht zu hoffen. Wie wichtig wäre es für uns, beweisen zu können, dass die in

der Unterhaut und Lederhaut bis zur Epidermis aufsteigenden Fasern wirklich Nervenfasern seien. In genügender Strenge können wir den Beweis nicht liefern. Was mich veranlasst, die an den Kopfgruben und in deren Nähe beobachteten aufsteigenden Fasern, die ich, wie ich hier bemerke, nur an Chromsäurepräparaten studiren konnte, für Nervenfasern zu halten, ist ihre Selbständigkeit, dem umgebenden Bindegewebe gegenüber, ihre homogene, der Axencylindersubstanz gleichende Beschaffenheit und die Art der Verästelung. Derartige Fasern können, wie ich meine, kaum etwas anderes als Nervenfasern sein. In hohem Grade bedauere ich, die Kopfgruben nicht an Holzessigpräparaten studirt zu haben. Ich habe hier in Bonn überhaupt nur ein einziges Mal *Petromyzon fluviatilis* auftreiben können, und das Mal war nur ein einziges Exemplar lebend, dessen Kopf in Chromsäure gelegt wurde. So empfehle ich Anderen, denen die Gelegenheit geboten ist, die Untersuchung an Holzessigpräparaten nachzuholen. An solchen müssen die dickeren Axencylinder der Unterhaut sich von dem aufquellenden und durchsichtig werdenden Bindegewebe sehr deutlich unterscheiden.

Ich erwähnte oben, dass ein Theil der radiären Fasern der Lederhaut sich mit dem unteren Ende der Kolben der Epidermis verbinde. Diese Verbindung konnte ich am deutlichsten an Präparaten sehen, die in absolutem Alkohol erhärtet und nachher durch Holzessig oder Essigsäure durchsichtig gemacht wurden. Sie kommt so zu Stande, dass die obere dreieckige Anschwellung der radiären Faser sich dem unteren Ende des Kolben genau anschmiegt. Dabei zeigt sich das letztere oft in eine nach abwärts gerichtete kurze, kegelförmige Spitze ausgezogen, welche in die Mitte des verbreiterten Endes der Radialfaser hinabragt. Auch zwei solcher Spitzchen kommen am unteren Ende eines Kolben vor, und treten mit solchen auch zwei Radialfasern in Verbindung. Sollte es sich weiter bestätigen, dass in diesen Radialfasern eine feine Nervenfaser eingeschlossen liege, so würde, da die Axenfaser in unmittelbare Berührung mit den Kolben tritt, letzterer als Endgebilde einer Hautnervenfaser aufzufassen sein.

Wir wollen uns weiteren Betrachtungen über diesen noch zweifelhaften Punkt nicht hingeben. Ich bemerke nur so viel, dass die chemische Beschaffenheit der Kolben der Ansicht, dass wir es hier mit Nervenendgebilden zu thun haben, nicht ungünstig ist. Als solche würden sie am natürlichsten, als Endgebilde von Empfindungsnerven, als Tastkörperchen gelten. Es wäre aber auch möglich, dass wie in der feineren Structur, so auch in der Function eine Aehnlichkeit mit Muskelfasern vorhanden sei, dass wir es mit contractilen Elementen der Epidermis zu thun haben. Versuche auf diesen Punkt hin würden sich an ganz frisch von lebenden Thieren abgenommener Epidermis ausführen lassen. Möglich, dass man bei Reizung mittelst des Inductionsapparates gewisse Veränderungen an den Kolben wahrnimmt. Auch der Polarisationsapparat wäre zur Constatirung solcher Veränderungen zu benutzen. Andererseits dürfte es uns aber auch nicht Wunder nehmen, in Nervenendgebilden, welche nicht musculöser Natur sind, doch eine Differenzirung der Substanz in Schichten verschiedener Natur zu finden. Ich erinnere an die Nervenendplatten der sogenannten pseudoëlektrischen Organe des Rochenschwanzes und von *Mormyrus*. Dieselben sind ihrer Structur nach mit dem Gewebe quergestreifter Muskeln verglichen worden, und bieten in der That manche Aehnlichkeit mit denselben, obgleich sie, wie aus sicheren Versuchen hervorgeht, nicht contractil sind. Jedenfalls ist es für die Auffassung des Muskelgewebes und die Frage nach dessen Verwandtschaft mit der Axencylindersubstanz nicht uninteressant, wenn nachgewiesen wird, dass eine dem Muskelgewebe ähnliche Structur auch bei nicht contractilen Nervenenden vorkommen kann, und wird dadurch die auch durch die neueren histiologischen Untersuchungen mehr und mehr bestätigte Ansicht von einem allmähligen Uebergange zwischen Axencylindersubstanz und contractiler Muskelsubstanz, nach welcher die Muskeln geradezu als Nervenendgebilde aufgefasst werden können, nicht übel gestützt.

Vor allen Dingen muss ich nun aber noch erwähnen, dass durchaus nicht von allen Radialfasern der Lederhaut der Zusammenhang mit Epidermiskolben nachweisbar ist. Vielmehr

glaube ich mich sicher überzeugt zu haben, dass viele der Radialfasern zwischen den Kolben an anderen Stellen der Epidermis endigen. Ob diese letzteren nun etwa der Axenfaser entbehren, welche wir für nervös halten, hat nicht mit vollkommener Sicherheit ermittelt werden können. In der That halte ich, wie oben schon angeführt worden, die Radialfasern an sich für etwas ursprünglich bindegewebiges, und meine, dass nur zu gewissen derartigen Fasern eine Nervenfaser hinzutritt. Aber über diese Punkte sind weitere Versuche nöthig, die ich angestellt haben würde, wenn mir mehr Material zu Gebote gestanden hätte. Zunächst stand mir solches nicht einmal in Aussicht und musste die Lücke unausgefüllt bleiben.

Kölliker beschreibt neben den Kolben der Neunaugenhaut, die er Schleimzellen nennt, noch andere eigenthümliche von gewöhnlichen Epidermiszellen unterscheidbare zellige Gebilde, Körnerzellen. Es sind das rundliche, kuglige oder ovale, mit stark lichtbrechenden Körnern bis zur Undurchsichtigkeit ausgefüllte Zellen, von denen ein oder zwei fadige Ausläufer von homogener Beschaffenheit ausgehen. Kölliker hat ein eigenthümliches Unglück bei Anstellung seiner Untersuchungen über die Haut der Neunaugen gehabt. Wir sahen schon, dass er die Lage der von ihm sogenannten Schleimzellen vollkommen verkannte, dasselbe gilt von seinen Körnerzellen. Ihre Ausläufer sind sämmtlich nicht, wie Kölliker angiebt, gegen die Oberfläche der Epidermis, sondern gegen die Lederhaut gerichtet. Die Körnerzellen, mit Fetttröpfchen ähnlichen stark lichtbrechenden Körnchen gefüllte Zellen, liegen, wie jeder Querschnitt zeigt, der Oberfläche der Epidermis sehr nahe, und zum Theil viel zu nahe, als dass die im isolirten Zustande an ihnen zu beobachtenden langen Ausläufer nicht weit aus der Epidermis hervorragen müssten, wenn sie nach der Peripherie verliefen. In der That überzeugt man sich an geeigneten Präparaten sehr leicht, dass die Ausläufer, seien sie an den Zellen einfach oder doppelt, in die Tiefe laufen, und hier gewöhnlich, vielleicht immer, die Oberfläche der Lederhaut erreichen, auf welcher sie mit einem auch von Kölliker erwähnten, an den isolirten Zellen meist sehr deutlichen

abgestutzten Ende aufsitzen. Die Ausläufer scheinen homogen und solide, ohne körniges Protoplasma. Das Licht brechen sie nicht doppelt, so wenig wie die Körper der Körnerzellen. Stehen die Ausläufer auch mit Radialfasern der Lederhaut in Verbindung? Wir konnten darüber keine Gewissheit erhalten. Die Function derselben bleibt zunächst ganz dunkel. Die verschiedenen Möglichkeiten, die Kölliker in dieser Beziehung aufführt, sind als unglückliche Versuche zu bezeichnen. Denn da die Ausläufer nicht nach der Peripherie verlaufen, kann von einem Vergleich mit einzelligen Drüsen, deren Secret sich nach aussen ergiesst, nicht die Rede sein. Aus demselben Grunde fällt auch der Vergleich mit Nesselzellen oder den J. Müller-schen Körperchen der Myxinoiden, aus deren Innerem sich ein Faden entwickelt, der nach Kölliker's Vermuthung durch die peripherisch laufenden Fortsätze nach aussen gelangen könne. Für diese Möglichkeit fehlt Alles, wie an einem Messer ohne Heft und Klinge. Denn erstens enthalten die Zellen keinen Faden, dann sind die Fortsätze nicht hohl, dass der Faden austreten könnte, und drittens gehen die Fortsätze nach der Lederhaut und nicht nach der freien Fläche der Epidermis.

Kölliker hat seine Untersuchungen über die Haut der Neunaugen begonnen, um gewisse bei den Myxinoiden (bei *Myxine glutinosa*) gemachte Beobachtungen zu erweitern. In der That finden sich in der Haut beider Fischarten wie es scheint verwandte und vergleichbare Bildungen. Aber ein Irrthum hat hier, wie so oft, viele nach sich gezogen. Kölliker meint, die von Retzius und J. Müller beschriebenen Körperchen der Schleimsäcke der *Myxine*, welche aus einem aufgewundenen Faden bestehen, entständen im Epithel der Schleimsäcke, zwischen den gewöhnlichen und als Fortsetzung der Epidermiszellen anzusehenden Epithelzellen der Schleimsäcke. Das ist nicht der Fall. Die Schleimsäcke von *Myxine* sind mit gar keinem Epithel ansgekleidet, und die Körperchen entstehen nicht in der Wand der Säcke, sondern im Inneren. Die Schleimsäcke von *Myxine* sind, wie ich an einem in Chromsäure erhärteten Exemplare von *Myxine glutinosa* sehe, das ich der Güte der Herren Dr. Key und Prof.

von Düben in Stockholm verdanke, dicht ausgefüllt von einer dem Gewebe der Chorda dorsalis im feineren Baue wie in der Consistenz ähnlichen, grosszelligen Masse. Diese nimmt den ganzen inneren Raum jedes Säckchens in überall gleicher Weise ein und grenzt unmittelbar an die bindegewebige Wand desselben, so dass von einem besonderen Epithel nirgends die Rede ist. Der enge Canal, welcher von aussen in das Säckchen führt, besitzt eine dünne epitheliale Auskleidung als Fortsetzung der Epidermis, diese hört aber im Säckchen selbst auf. Der Canal stösst, so viel ich sah, unmittelbar auf die Chorda-ähnliche zellige Ausfüllungsmasse des Säckchens, welche denn bei weichen, weniger gut conservirten Exemplaren, vielleicht auch im frischen Zustande, zu der Mündung hervorgepresst werden kann. Die grossen dünnwandigen und mit fast wasserklarem Inhalte gefüllten Zellen, in deren Innerem nur wenig feinkörniges Protoplasma den kleinen runden Kern umhüllt, und manchmal wie in Strahlen von demselben aus sich in der Zellenhöhle vertheilt, sind aber nicht die einzigen im Inneren der Schleimsäcke gebildeten, sondern zwischen ihnen entstehen die bekannten aus einem aufgewickelten Faden gebildeten Körper, deren Grundform, wie Kölliker richtig erkannt hat, auch eine Zelle ist. Wie wenn in das Gewebe der Chorda zwischen je drei oder vier mit ihren Kanten und Flächen aneinanderstossende Zellen eine kleinere ovale oder birnförmige eingeschoben wäre, so liegen die dunkeln Fadenzellen zwischen den grossen wasserklaren, die die Hauptmasse des Inhaltes ausmachen, eingestreut und unbeweglich befestigt. Sollen sie heraustreten, so muss das, wie es scheint, leicht vergängliche grosszellige Gewebe erweicht und partiell aufgelöst werden, damit die Verbindungen sich lockern. An dem Inhalte der Schleimsäckchen ziemlich schlecht conservirter Spiritusexemplare konnte ich an der Oberfläche der Fadenzellen die Reste des ursprünglich sie umgebenden grosszelligen Gewebes deutlich nachweisen (es sind das offenbar die „Faserfragmente“, die Leydig hier sah [1])), so dass es scheint, als wenn ein

1) Lehrbuch der Histologie S. 198.

ziemlich hoher Grad von Maceration dazu gehöre, sie ganz zu isoliren.

Es ist somit auch die Art der Entstehung der merkwürdigen Fadenkörper, von denen schon J. Müller sagte, dass sie bei Wirbelthieren einzig in ihrer Art wären, eine ganz eigenthümliche und höchst merkwürdige. Jedenfalls aber haben wir nach Obigem keine Veranlassung, sie, wie Kölliker will, als modificirte Epithelialzellen aufzufassen.

Wie steht es nun aber mit der Epidermis von *Myxine*? Nach Kölliker kommen in derselben ähnliche Fadenzellen, wie in den Schleimsäcken in grosser Zahl vor.

Das Bild, welches die Epidermis von *Myxine glutinosa* in dünnen Querschnitten bietet, beschreibt Kölliker richtig, wenn er sagt, zwischen den gewöhnlichen und dick geschichteten kleinen Epidermiszellen seien zwei besondere Arten grösserer zu unterscheiden, helle, fast kuglige, sehr durchsichtige Zellen, welche in ziemlich gleichen geringen Abständen in den tieferen Schichten gefunden werden (Kölliker nennt sie Schleimzellen) und ovale oder birnförmige, dunklere, sehr zahlreich in die höheren Lagen der Epidermiszellen eingebettet. An letzteren nun, welche in Lage und Ansehn mit den „Körnerzellen" der Haut von *Petromyzon* übereinstimmen, behauptet Kölliker gesehen zu haben, dass das körnige Ansehn nur ein scheinbares sei, indem dasselbe vielmehr von einem dicht aufgerollten Faden herrühre, welcher das Innere der Zelle erfülle. Unter Anwendung von Reagentien, Glycerin, Natronlauge u. A. sei der Faden abgewickelt worden, wovon sich auch H. Müller überzeugt habe. Kölliker untersuchte Spiritusexemplare, ich bezüglich der Epidermis nur ein Chromsäure-Exemplar. Das ist ein Unterschied, welcher in Anschlag zu bringen, wenn ich sage, mir ist es nie gelungen, an den Körnerzellen der Epidermis deutliche Anhaltspunkte dafür zu gewinnen, dass das körnige Ansehn von einem aufgerollten Faden herrühre. Möglich dass die stärkere Erhärtung durch die Chromsäure das Abwickeln des Fadens hinderte — möglich aber auch, dass an den weicheren Spiritusexemplaren von Kölliker einzelne echte Fadenzellen aus den

Schleimsäcken hervorgetreten und an der Epidermis hängen geblieben waren, welche Kölliker täuschten. Kurz gesagt, ich habe in der Epidermis von *Myxine glutinosa* solche Faserzellen nicht gefunden, wie sie in den Schleimsäcken vorkommen.

Was die Erhaltung der in Rede stehenden Zellen an dem mir zu Gebote stehenden Exemplare betrifft, so ist dieselbe wie die aller Gewebe vortrefflich. Die Haut ist allerdings so hart, dass die Zellen sich schwer isoliren lassen. Das gelingt aber nach tagelangem Einweichen in Glycerin, oder nach viertelstündiger Aufbewahrung der Haut in Kalilauge von 35 pCt., einer Flüssigkeit, die Moleschott und neuerdings auch Weismann mit Recht sehr für mancherlei Macerationsversuche empfehlen, vortrefflich. Gerade nach solchen Reagentien sollte nach Kölliker der Faden deutlich werden. Mir ist keiner deutlich geworden, nirgends kam eine Spur von auf- oder gar abgewickelten Fäden zu Gesichte, die Zellen behielten ihr körniges Ansehn nach wie vor, ganz entsprechend den vergleichbaren Körnerzellen von *Petromyzon*. Einen Unterschied muss ich jedoch constatiren. Abgesehen von der etwas abweichenden Form der Zellen, die bei *Myxine* mehr langgestreckt, eiförmig und etwas grösser sind als bei *Petromyzon*, sah ich bei ersteren nie einen längeren Fortsatz, wie deren die *Petromyzon*-Zellen einen oder zwei besitzen. Möglich, dass solche vorhanden waren und nur des hohen Härtegrades der Haut wegen, welche ein Zerzupfen nicht gestattete, nicht zur Beobachtung kamen, beim Zerzupfen mit Hülfe der angewandten Reagentien abbrachen oder sich auflösten.

Was mir aber weiter die von Kölliker behauptete Identität der Körperchen der Schleimsäcke und der der Epidermis unwahrscheinlich macht, ist, abgesehen von der durchaus verschiedenen Art der Entstehung, noch das Verhalten im polarisirten Lichte. Die Körperchen der Schleimsäcke brechen das Licht deutlich doppelt, die der Epidermis nicht, eben so wenig wie die Körnerzellen der Haut von *Petromyzon*. Die Körperchen der Schleimsäcke zeigen im Polarisationsapparate bei gekreuzten Nicols ein Kreuz.

Dasselbe ist um so regelmässiger, je vollkommenere Kreistouren der aufgewickelte Faden beschreibt, wird aber meist sehr unregelmässig, ähnlich wie bei den langgestreckten Stärkemehlkörnern z. B. von der Galangawurzel, deren Schichtungscentrum ganz an das eine Ende der eiförmigen Körper rückt. Ja in vielen Fällen ist nur eine Andeutung eines Kreuzes zu sehen; immer ist aber die Doppelbrechung sehr auffallend und leicht zu constatiren. Die Doppelbrechung rührt von der doppelt brechenden Eigenschaft des Fadens her. Derselbe zeigt sich im abgewickelten Zustande, vorausgesetzt dass er einaxig ist und seine optische Axe in der Längsrichtung liegt, positiv. Wickelte man von einem solchen Faden eine Kreisscheibe, wie ein Planorbisgehäuse, so würde diese zwischen gekreuzten Nicols ein sehr regelmässiges Kreuz zeigen und zwar wie von einem Körper mit negativer Axe doppelter Brechung. So ist denn auch das Kreuz, welches die Körperchen der Schleimsäcke zeigen, ein negatives, wenn auch, wie erwähnt, meist sehr verzogen und unregelmässig. Einen ebensolchen doppeltbrechenden Körper würde man erhalten, wenn man einen Muskelfaden zu einem kugligen Knäuel aufwickelte.

Auch die jüngsten und feinsten Fadenkörper der Schleimsäcke, die nur den vierten Theil des Durchmessers der grössten zeigen, brechen das Licht deutlich doppelt und lassen bei aufmerksamer Betrachtung den Faden im Inneren erkennen. Ich führe das gegen Kölliker an, welcher sagt, die jüngeren Formen dieser Gebilde seien von rein körnigem Ansehn, und bildeten Uebergänge zu den ebenfalls körnigen Zellen der Epidermis. Solche Uebergänge existiren nach meinen Beobachtungen durchaus nicht.

Es wird nicht uninteressant sein zu erfahren, in welcher Beziehung die oben erwähnten grossen hellen Zellen der Haut von *Myxine* zu den Kolben der Epidermis von *Petromyzon* stehen. Kölliker hat sie beide Schleimzellen genannt, und dürfte es auch wohl kaum einem Zweifel unterliegen, dass sie analoge Bildungen sind. Daraus folgt denn, dass, da die Kolben der Epidermis von *Petromyzon* den Namen Schleimzellen nicht führen können, wie von mir nachgewiesen wurde, auch die analogen Gebilde bei *Myxine* umgetauft werden müssen.

Die Analogieen zwischen den genannten Gebilden beziehen sich allerdings mehr auf die Lage als auf die feinere Structur. Es sind, wie Kölliker richtig beschreibt, nahezu kuglige, grosse helle Zellen, zahlreich und in ziemlich gleichen Abständen von einander in die tieferen Schichten der Epidermis von *Myxine* eingelagert. Ihr Inhalt ist eine das Licht nicht stark brechende wasserhelle Substanz, in der sich der Kern, von wenig feinkörnigem Protoplasma umgeben, leicht erkennen lässt. Ob sie vom Inhalte verschiedene Membranen haben, wage ich nicht zu entscheiden, eben so wenig ob die helle Hauptmasse im frischen Zustande eine Flüssigkeit darstelle oder eine mehr homogene dickliche Masse etwa vergleichbar derjenigen der organischen Muskelfasern. Nach dem Vorkommen bei anderen Fischen, z. B. bei der Schleie (*Tinca chrysitis*), welche ähnliche Gebilde in der Epidermis birgt, möchte ich das letztere vermuthen. Danach würde die Analogie mit den Kolben von *Petromyzon*, die nach der Lage der Gebilde sehr gross ist, auch in Betreff der feineren Structur nicht zu verkennen sein, und bliebe nur noch der Unterschied, dass die Masse der *Petromyzon*-Kolben deutlich geschichtet, die der analogen *Myxine*-Zellen ungeschichtet ist, durch und durch homogen, demnach selbstverständlich auch der Eigenthümlichkeit, das Licht doppelt zu brechen, entbehrt.

In Betreff des Verhältnisses derselben zur Lederhaut habe ich nur so viel ausmitteln können, dass sie dieser letzteren meist unmittelbar anliegen, oder doch ganz in ihre Nähe rücken. Ob sie aber zu derselben in so nahe Beziehung treten, wie die Kolben bei *Petromyzon*, ob in der Lederhaut radiäre Fasern aufsteigen, welche eine Beziehung zu Nervenfasern haben, bleibt zunächst unermittelt. Eigenthümlich ist an diesen grossen Epidermiszellen noch die Vertheilung der Protoplasmareste, die den Kern umgeben, nämlich in Sternform durch die homogene Zellsubstanz. Eine grössere oder geringere Zahl von Strahlen feinkörnigen Protoplasmas gehen von dem centralen Protoplasmaklümpchen aus, und reichen mehr oder minder weit in die wasserklare helle Hauptmasse der Zelle hinein, ohne jedoch die Peripherie der Zelle vollständig zu erreichen. Es

ist das ein Zustand in der Vertheilung des Protoplasma, der uns bei den analogen Bildungen in der Haut von *Cyprinus tinca* wiederbegegnet, und, wie ich finde, manchen grossen hellen Zellen im Thierkörper zukommt, wie z. B. den die Fadenkörper in den Schleimsäcken von *Myxine* umgebenden, ferner den Zellen der Chorda dorsalis von *Petromyzon*. Wahrscheinlich kann hier im lebenden Zustande der Zellen Körnchenbewegung in den Protoplasmafäden wahrgenommen werden.

Ich beabsichtige in diesem Aufsatze nicht weiter auf die Elemente der Epidermis anderer Fische einzugehen. Es genügt mir, darauf aufmerksam gemacht zu haben, dass hier Verhältnisse der feineren Structur vorkommen, welche die Ansicht von dem mehr gleichförmigen und einförmigen Baue der Epidermis in hohem Grade erschüttern, welche auch die Epidermis in die Reihe derjenigen Epithelien stellen, deren Elemente zum Theil mit tiefer gelegenen in Verbindung und functioneller Beziehung stehen können. Die seit Jahren von mir ausgesprochene und durch Beispiele gestützte Behauptung, dass Epithelien gemischt sein können aus mindestens zwei Arten von Zellen, gemeinen Epithelzellen und anderen, die mit Nervenfasern in Verbindung stehen, wie solches von mir in der Regio olfactoria der Nase, in den Säckchen des Gehörorganes, und nach den Beobachtungen des Dr. Key nun auch sicher an Zungenpapillen nachgewiesen ist, erhält durch obige Mittheilungen eine neue Stütze. Möchte es vorurtheilsfreier Prüfung gelingen, hier bald weitere Fortschritte zu machen. Nur einige wenige Worte noch über gelegentlich in dieser Beziehung an anderen Fischen gemachte Beobachtungen.

Wie schon Kölliker in seinem Eingangs citirten Aufsatze angegeben hat, ist die Haut der drei einheimischen *Petromyzon*-Species wesentlich gleich gebildet. Die Kolben haben bei allen die gleiche Lage, stehen also wie bei *Petromyzon fluviatilis* mit dem halsartig verlängerten, abgestutzten Ende auf der Lederhaut auf, während der bauchige, keulenförmig angeschwollene Theil der peripherische ist, aber nie bis an die Oberfläche der Epidermis reicht, sondern mindestens noch von einer Schicht Epidermiszellen bedeckt liegt. *Petromyzon marinus* untersuchte ich an einem wohlerhaltenen, von Hrn. Prof.

Troschel mir gütigst zu Gebote gestellten Spiritus-Exemplare, welches eine unversehrte Epidermis hatte. *Petromyzon Planeri* konnte ich mir frisch verschaffen. Bei allen drei Arten sind die Kolben geschichtet und brechen sie das Licht in ganz gleicher Weise und sehr stark doppelt. Die Schichtung tritt namentlich an Spirituspräparaten deutlich hervor. Eine Differenzirung der Substanz des Kolbenhalses in einfach und doppelt brechende Scheiben, wie sie bei *Petromyzon fluviatilis* nachgewiesen wurde, habe ich bei den anderen nicht beobachtet. Die Gebilde lassen sich auf ihre Vertheilung am besten an Flächenansichten studiren, wo sie in frischem Zustande als helle runde Flecke hervortreten und bei Anwendung des Polarisationsapparates und Betrachtung von oben her das negative Kreuz vortrefflich erkennen lassen. Eigenthümlich fand ich die Gestalt der Kolben bei einem Exemplare von *Petromyzon Planeri*, insofern dieselben hier mehr oval oder in der Form einer unten abgestutzten Glasglocke erschienen. Das Protoplasma setzte sich bei diesen von der Mitte in einen bis an das untere Ende reichenden Canal fort, welcher so weit war, dass oft einer von den beiden runden Kernen, die stets im Protoplasma gefunden werden, in diesem Canal ganz nahe am unteren Ende lag. Ich habe solche Zellen in Fig. 6 a und b abgebildet. Sie gleichen offenbar den von Kölliker früher bei *Ammocoetes* beschriebenen Gebilden (vergl. Würzburger Verhandlungen 1856, Bd. VIII. Taf. III. Fig. 31), deren Lage aber schon damals von Kölliker verkannt worden; es sollten einzellige Schleimdrüsen sein, und mussten also das verschmälerte, mit offener Ausmündung des inneren Canales versehene Ende der Peripherie zukehren. In der That aber steht dieses Ende der Lederhaut auf. Wir dürfen diese Form wohl als Jugendform der von *Petromyzon fluviatilis* gezeichneten Kolben ansehen. Auch sah ich bei einem zweiten Exemplare desselben Thieres Kolben, welche denen von *P. fluviatilis* mehr glichen.

Auch die Körnerzellen richten ihre Fortsätze bei allen Petromyzonten nach innen, gegen die Lederhaut.

Mehrere andere Fische, welche ich untersuchte, zeigten ana-

loge Gebilde in der Epidermis. Ich führe nur den Aal und die Schleie an. Bei ersterem Fisch sind es kolbenförmige Zellen, welche in ausserordentlicher Menge, viel zahlreicher noch als bei *Petromyzon*, in die Epidermis eingebettet sind, die gleiche Lage wie bei den Neunaugen haben, aber mehr fadenförmig gestaltet sind. Sie scheinen aus einer ziemlich homogenen aus umgewandeltem Protoplasma hervorgegangenen Eiweisssubstanz zu bestehen, brechen das Licht aber nicht oder nur sehr schwach doppelt. Bei *Tinca* finden sich in der Epidermis sehr zahlreiche grosse Zellen, die nach der homogenen Beschaffenheit ihrer Substanz, welche keinen Unterschied von Membran und Inhalt unterscheiden lässt, und danach, dass der Kern nur noch von einem kleinen Reste körnigen Protoplasma's umgeben ist, sich als den *Petromyzon*-Kolben analoge Bildungen documentiren. Ihr Verhältniss zur Lederhaut habe ich nicht ausgemittelt. Merkwürdig ist an diesen Zellen unter Anderem, dass das Protoplasma vom Kern aus in zahlreichen sternförmig divergirenden Fädchen und Ausläufern in der homogenen übrigen Zellsubstanz vertheilt ist. Wir werden in einer späteren Arbeit auf diese in histiogenetischer Beziehung interessante Bildung zurückkommen. Es sind diese Zellen wahrscheinlich dieselben, welche Leydig[1]) bei der Schleie, der Aalraupe, beim Hecht und anderen Fischen als die den Schleim der Oberhaut secernirenden Zellen bezeichnet hat. Sie sollten temporär platzen und ihren zähflüssigen Inhalt auf die freie Fläche der Epidermis ergiessen. Ich kann hier meine Zweifel an der Richtigkeit dieser Ansicht nicht unterdrücken. Soweit meine Beobachtungen reichen, haben die hier besprochenen Zellen keinen flüssigen Inhalt, sondern bestehen aus einer zwar sehr weichen, aber compacten, homogenen Eiweisssubstanz, besitzen keine Membran, sondern sind etwa analog der organischen Muskelfaserzelle, aus einer Metamorphose des ursprünglich körnigen Protoplasma in eine homogene Substanz hervorgegangen, wobei eine besondere Membran vom Inhalte nicht differenzirt ist. Platzen können sie nicht, sie können nur aufquellen und sich im Ganzen erweichen und endlich auf-

---

1) Zeitschrift f. wissenschaftl. Zoologie Bd. III. S. 2.

lösen. Dass ein solcher Prozess nach der freien Fläche der Epidermis hin stattfinde, ist sehr unwahrscheinlich. Denn die Zellen finden sich gerade vorzugsweise in den tiefsten Lagen der Epidermis, in der unmittelbaren Nähe der Lederhaut. Ein Canal in der Zellsubstanz, durch welchen der übrig gebliebene Protoplasmarest nach aussen communicirte, wodurch das Ansehn eines Gebildes, wie man sich einzellige Drüsen zu denken und zu construiren pflegt, entstände, ist nicht vorhanden. Ist ein solcher da, wie bei jungen Petromyzonten, so steht der offene Theil der Zelle gegen die Lederhaut und nicht gegen die Peripherie der Epidermis. Sind die Zellen birnförmig, in welchem Falle Leydig einen Canal im Halse der Zelle vermuthet, der das Secret ausleeren soll, so steht, wie ich beim Aal bestimmt sehe, der Hals nicht nach aussen, sondern, wie schon erwähnt, auch wieder gegen die Lederhaut. Was bleibt also von den einzelligen Drüsen übrig? Es erhellt, dass die Lehre von den Schleimzellen der Haut der Fische einer gründlichen Revision bedarf.

Dass es ferner von dem höchsten Interesse sein muss, nachdem wir Beziehungen zwischen Nervenfasern und den Epidermiskolben vom Neunauge wahrscheinlich gemacht haben, die Frage nach der Endigung der Hautnervenfasern der Fische weiter gefördert zu sehen, bedarf keiner weiteren Ausführung. Wer denkt nicht bei unseren Angaben an die Verhältnisse der Nervenendigung in der Haut von *Amphioxus*, wie sie Quatrefages[1]) beschrieben hat. Da der genannte Forscher nicht angiebt, ob die Endkolben der Hautnerven, welche er sah, in der Lederhaut oder in der Epidermis liegen, so war ich sehr begierig, ein Exemplar von *Amphioxus* zu untersuchen, welches eine noch unversehrte Epidermis besitzt. R. Leuckart hatte die Güte, mir ein solches aus seiner Sammlung zu überlassen. An diesen überzeugte ich mich, dass die Epidermis, wie Quatrefages auch zeichnet, aus einem dünnen Lager kleiner vieleckiger Zellen zusammengesetzt ist, und dass zwischen diesen durchaus Nichts liegt, was mit den Kolben der *Petromyzon*-Epidermis verglichen werden könnte. Somit müssen hier die

1) Annales des Sciences natur. Tom. IV. 3 serie. 1846. p. 228.

Nerven-Endkolben, wenn sie wirklich in der von Quatrefages gezeichneten Weise existiren, in der Lederhaut liegen.

Späterer Zusatz.

Ich freue mich hier noch anfügen zu können, dass ich mittlerweile bei Kölliker in Würzburg Präparate gesehen habe, welche beweisen, dass gegen meine oben ausgesprochene Vermuthung in der Epidermis von *Myxine glutinosa* doch Zellen vorkommen, welche sich wenigstens theilweise in einen feinen Faden abwickeln lassen. Die Annahme, dass mein Chromsäureexemplar, dessen Gewebe im Allgemeinen vorzüglich erhalten sind, gerade für die Erkennung des in Rede stehenden Fadens weniger günstig sei als die von Kölliker untersuchten Spiritusexemplare, hat sich somit bewahrheitet; ich habe auch jetzt durch neue Versuche an meinem Exemplare Nichts von dem Faden zu sehen bekommen. Derselbe ist übrigens, wie ich für solche, die die Sache nachuntersuchen wollen, anführen muss, viel feiner als der Faden der Körperchen aus den Schleimsäcken und viel blasser. Die beiden Arten von Fadenkörperchen unterscheiden sich dadurch immer noch wesentlich von einander, was Kölliker anzugeben vergessen hat.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel V.

Fig. 1. Kolben aus der Epidermis von *Petromyzon fluviatilis* von einem in Kali bichrom. (2 Gran auf die Unze Wasser) längere Zeit aufbewahrten Präparate. Vergr. 500.

Fig. 2. Eben solches Gebilde, einem in Spiritus aufbewahrten Präparate entnommen.

Fig. 3. Ein etwas anders geformter Kolben der Epidermis von *P. fluviatilis* in einer Lösung von Kali bichromicum aufbewahrt.

Fig. 4. Durchschnitt der Epidermis und Lederhaut von *P. fluviatilis*, der Mitte des Körpers entnommen. Das Präparat war in absolutem Alkohol erhärtet und wurde zu dem feinen Schnitte verdünnte Essigsäure zugesetzt.

a. Oberste Lage der Epidermiszellen mit den sogenannten Porencanälen.
b. Körnerzelle mit gegen die Lederhaut gerichtetem Fortsatze.
c. Kolben.
d d. Lederhaut mit aufsteigenden radiären Fasern.
e. Pigmentirtes Bindegewebe unter derselben.

Vergr. 300.

Fig. 5. Durchschnitt durch eine der sogenannten Kopfgruben von *Petromyzon fluviatilis* bei schwacher circa 70facher Vergrösserung. In der Mitte der Figur ist in der Epidermis a eine kleine Vertiefung, zu welcher hin sich die Epidermis allmählig verdünnt und an deren Grunde ein aus sehr feinen, dichtgedrängten, langfadenförmigen Zellen gebildetes Epithel steht. Zu diesem streben durch die Lederhaut b, durch die hier nur blass pigmentirte Pigmentschicht c und das Fettgewebe d leicht zu verfolgende Fasern, welche für Nervenfasern gelten können, die bei *Petromyzon* bekanntlich des Markes entbehren und an der Peripherie auch keine Schwann'sche Scheide haben, also nackte Axencylinder sind. Eben solche Fasern treten zu beiden Seiten dieser Kopfgruben durch Fett- und Pigmentschicht aufwärts in die Lederhaut, um hier in den radiären Fasern bis zu den Kolben der Epidermis zu verlaufen.

Taf. VI.

Fig. 6 a und b. Den Kolben entsprechende Gebilde aus der Haut eines kleinen Exemplares von *Petromyzon Planeri*. Schon im frischen Zustande waren die unregelmässig concentrischen Streifen zu sehen, die denen von Fig. 2 entsprechen, und in Spiritus deutlicher hervortreten. Die Doppelbrechung des Lichtes ist an diesen Zellen ähnlich wie an denen von *P. fluviatilis* zu beobachten.

Fig. 7. Darstellung einiger durch den Polarisationsapparat erzeugter optischer Erscheinungen an den Kolben der Haut von *Petromyzon fluviatilis*. Die Polarisationsebenen der Nicols sind gekreuzt, das Gesichtsfeld ist entweder dunkel, wie in der linken oberen Ecke der Figur, oder roth durch Einschaltung einer Glimmerplatte, die das Roth erster Ordnung giebt und so orientirt ist, wie bei den Darstellungen von E. Brücke über das Verhalten der Muskelfasern im polarisirten Lichte. Auf solchem rothen Grunde erscheinen die Kolbenhälse wie in a und a' blau oder gelb, wenn ihre in der Längsrichtung liegende optische Axe mit den Polarisationsebenen der Prismen Winkel von 45° bildet. Bei starker 800mal. Vergrösserung kann man wie in b die Schichtung aus abwechselnden Scheiben einfach und doppeltbrechender Substanz sehen. Die Scheiben der einfach brechenden Substanz sind im Kupferstich etwas zu breit ausgefallen. Die Keulenenden der Kolben bieten complicirtere Farbenerscheinungen, welche leicht verständlich sind, wenn man den Keulen von oben her auf den Kopf sieht, wie in d. Es stellt diese Figur ein Stückchen abgehobene Epidermis von *Petromyzon* dar, welches seine äussere Fläche dem Beobachter zuwendet. Ohne Glimmerplatte erscheint ein Kolbenende wie in c, mit Glimmerplatte wie in d. Die durch ein rothes Kreuz geschiedenen Quadranten erscheinen abwechselnd blau und gelb. Das Kreuz und die Farbenstellung in den Quadranten ist wie bei einem Körper mit negativer Axe doppelter Brechung.

Zur Einleitung in die Haemodynamik.

Von

Dr. Heinrich Jacobson in Königsberg.[1])

Eine scharfe und leicht ausführbare Methode, die innere Reibung tropfbarer Flüssigkeiten zu bestimmen, bietet die Beobachtung ihres Ausflusses aus cylindrischen Röhren. Helmholtz und Piotrowski[2]) haben gegen dieselbe das Bedenken erhoben, dass „jede Ungleichförmigkeit an der Röhrenwand — namentlich jede Oeffnung, die zur Einsetzung eines Druckmessers dient — nach Ludwig's und Stefan's Versuchen bedeutende Störungen der Bewegung hervorbringe.“ Bei einem Druckmesser, der mit seinem — wenn auch noch so dünnen — Ende in die Flüssigkeit hineinragt, ist dies allerdings unvermeidlich; communicirt derselbe aber mit ihr durch eine kleine Oeffnung in der Wand mit möglichst glatten Rändern, so ist er ohne jeden merkbaren Einfluss auf die Strömung.

Der Annahme, es seien mit der Theorie vergleichbare Versuche an anderen als capillaren Röhren unausführbar, weil ihre Länge in weit grösserem Verhältniss zunehmen müsse als der Durchmesser, wenn die lineare Bewegung nicht aufhören soll, widersprechen meine früheren Beobachtungen, bei denen die Durchmesser zwischen 1,7 und 2,9 Millim., die entsprechenden Längen zwischen 518 und 620 Mm. lagen.

Unter der Voraussetzung, dass die Geschwindigkeit der Flüssigkeitstheilchen der Röhrenaxe parallel und nur Function ihrer Entfernung von derselben, mithin der Druck an allen Punkten eines Querschnittes gleich sei, dass ferner die Reibung zweier Flüssigkeitsschichten an einander proportional dem Unterschied ihrer Geschwindigkeiten, dass endlich die der Wand anliegende Schicht in Ruhe sei, folgt aus der von Neumann entwickelten, in Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv, Januarheft 1860 (S. 89 und 90), von mir veröffentlichten Theorie:

$$\eta = \frac{p^{\circ}\, \varrho^2}{8\, c\, l}$$

wenn η der Coefficient der inneren Reibung der Flüssigkeit,

---

1) Mitgetheilt auf der Naturforscher-Versammlung in Königsberg. September 1860.

2) Abhandlungen der Wiener Akademie. April 1860.

p^0 der innerhalb des ersten Querschnitts der Röhre wirkende Druck, ϱ der Radius, l die Länge, c die mittlere Ausflussgeschwindigkeit;

oder — da der Druck (p) an einem beliebigen Querschnitt eine lineare Function der Entfernung (x) desselben vom Anfang der Röhre ist

$$\eta = \frac{p\varrho^2}{8c(l-x)}$$

Wird p durch eine Flüssigkeitssäule, deren Höhe H, deren Dichtigkeit D ausgedrückt, so ist

$$\eta = \frac{gDH\varrho^2}{8c(l-x)}$$

Aus Poiseuille's Beobachtungen an Capillaren lässt sich der Werth von η für Wasser zwischen Temperaturen von 0 — 45° C. auf 4 Decimalen genau berechnen. Es folgt aus seiner Interpolationsformel, auf Wasserdruck, Millimeter und Centesimalgrade (τ) bezogen:

$$\eta = \frac{gD}{5511,3} \frac{1}{1 + 0,033679\tau + 0,0002209\tau^2}$$

Um η — wenn auch nicht mit so ausserordentlicher Genauigkeit — zu bestimmen, genügen weit einfachere Mittel als die von Poiseuille angewandten. Man lässt aus einem Gefäss, in dem die Flüssigkeit in constantem Niveau erhalten wird, dieselbe in eine horizontal liegende Röhre einströmen, bestimmt p mittelst eines senkrecht auf derselben befestigten Manometers und c aus der Ausflussquantität. Hagenbach[2]) empfiehlt, eine so lange und enge Röhre zu wählen, dass für die Niveauhöhe (h) der Flüssigkeit im Gefäss über der Mitte der Ausflussöffnung Poiseuille's Formel als richtig betrachtet werden könne, und (h) zu messen: ein, wie mir scheint, unzulässiges Verfahren. Denn wird auch die Differenz zwischen dem Druck (p^0) innerhalb des ersten Querschnitts der Röhre und dem im angrenzenden Querschnitt des Reservoirs wirkenden (h) um so geringer, je länger und enger die Röhre, so müsste doch immer erst im speciellen Fall (nicht nur für bestimmte Dimensionen derselben, sondern auch für verschiedene Werthe von (h) und Temperaturen der Flüssigkeit) durch den Versuch ermittelt werden, wann jene Differenz vernachlässigt werden dürfe. Aus demselben Grunde ist auch Hagenbachs Schluss, dass zwischen dem vierten und fünften seiner Versuche (S. 399) die Grenze von Poiseuille's Gesetz gelegen habe, nicht gerechtfertigt.

An polirten und vergoldeten Metalloberflächen haben Helmholtz und Piotrowski eine erhebliche Gleitung der angrenzenden Wasserschicht gefunden; sie vermuthen, dass die auf-

---

1) Mémoires présentés par divers savants. T. IX (1846.)
2) Poggendorff's Annalen. 1860.

fallende Differenz zwischen Girard's[1]) Versuchen an einer Glas- und Kupferröhre von nahe gleichem Durchmesser hierin begründet sein könne.

Es müsste demnach in Metallröhren die Geschwindigkeit eines Flüssigkeitstheilchens

$$u = \frac{p^0}{4l\eta}\left\{\varrho^2\left(1+\frac{2\eta}{\varepsilon\varrho}\right)-r^2\right\}$$

sein, wenn r seine Entfernung der Axe, ε der Coefficient der äusseren Reibung zwischen Wand und Flüssigkeit, während für Glas $\varepsilon = \infty$ wird.

Meine nachstehenden Beobachtungen ergeben, dass dies nicht der Fall ist. Wie am Glase haftet hier an der polirten Metallwand die äusserste Schicht unbeweglich, wenn auch nicht — wie Hagen[2]) annahm — bis zu einem Abstande von etwa $^1/_{64}$ Linie von der Wand. Bei der Beurtheilung der Versuche Girard's hat Helmholtz den Unterschied zwischen h und p^0 unbeachtet gelassen. Für die Berechnung der beiden ersten Beispiele nach Poiseuille's Formel mag derselbe unwesentlich sein; für die kupferne Röhre von 2,96 Mill. Durchmesser dürfte es aber wohl die Abweichung der Rechnung eher erklären, als die Annahme einer Oxydation der inneren Oberfläche derselben. Da bei Girard's[3]) Versuchen an der kupfernen Röhre ($d = 1{,}83$ Mill., $h = 100$ Mill., $\tau = 0{,}5$—$6°$ C.) — wie aus Hagen's und meinen Beobachtungen folgt — nicht anzunehmen ist, dass (selbst für die geringeren der angewandten Längen) die Grenze der linearen Bewegung überschritten war, so scheinen mir seine auffallenden Angaben, dass bei $l = 1790$ Mm. die Geschwindigkeit grösser als bei $l = 1590$ und beinahe gleich der bei $l = 992$ Mm. vorhandenen gewesen, nicht anders als durch erhebliche Ungleichheiten des Durchmessers erklärt werden zu können.

Es ist von Interesse, den Druck in unmittelbarer Nähe der Eintrittsstelle der Flüssigkeit aus dem Gefäss in die Röhre zu bestimmen und mit dem an entfernteren Querschnitten zu vergleichen. In der Physiologie sind über denselben ausführliche Discussionen von Volkmann[4]) und Donders[5]) geführt worden, denen jedoch irrthümliche Vorstellungen über die Bewegung der Flüssigkeiten zu Grunde lagen. Beobachtungen existiren, so viel mir bekannt, hierüber nicht; p^0 wurde bisher nur aus einem im Verlauf der Röhre gemessenen p unter der Voraussetzung, dass p eine lineare Function von x, berechnet.

---

1) Mémoires de l'Institut. 1813—1815 und 1816.
2) Abhandlungen der Berliner Akademie d. Wissensch. 1854.
3) Mémoires de l'Institut. 1813—15. p. 279.
4) Haemodynamik. S. 30—40.
5) Müller's Archiv 1856 und Archiv für holländische Beiträge von Donders in Berlin. 1857.

Ob diese Voraussetzung bis an die Einflussöffnung hinan, an der bekanntlich ein Verlust an lebendiger Kraft stattfindet, ob sie nur für die der Axe parallele Bewegung gelte, sind unentschiedene Fragen.

Um mir hierüber — gleichzeitig mit den oben angeregten Fragen — Aufschluss zu verschaffen, habe ich an meinem früher beschriebenen Apparat folgende Einrichtung getroffen:

In der Mitte der Messingplatte, durch welche die Röhren mit dem Reservoir vereinigt waren, befand sich eine etwa einen Zoll lange Hülse, deren obere Wand in einer Entfernung von 17,5 Mm. von der Einflussstelle durchbohrt war und hier eine c. $^3/_4$ Zoll weite, je nach dem anzuwendenden Druck 1 bis 3 Fuss lange, senkrecht aufgesetzte Glasröhre trug, die als Manometer diente. Um den Fehler bei Messung der capillaren Steighöhe zu vermeiden, hatte ich dieselbe so weit gewählt.

In die Hülse war ein Conus eingeschliffen, in dessen Mitte die Röhre eingefügt war; zu derselben führten an 3 Stellen (in einem Abstande von 1,5 Mm., 10,1 und 17,5 Mm. von ihrem Ende) Bohrcanäle durch die Masse des Conus. Der entfernteste fiel mit dem in der Hülse befindlichen zusammen, mündete also direct in das Manometer. Um auch die beiden ersteren mit diesem zu verbinden, wurde der Conus bis zu denselben horizontal durchbohrt, die so entstandenen Canäle vorn wieder geschlossen und gleichfalls mittelst senkrechter Durchbohrung der Zwischenwand des Conus mit dem Canal in der Hülse vereinigt. Es liess sich demnach durch Drehung des Conus mit demselben Manometer der Druck nach einander an drei verschiedenen Querschnitten, von denen einer in grösstmöglichster Nähe der Einflussöffnung, messen. Eine noch grössere Annäherung war nicht zu bewerkstelligen; denn die Glasröhren, die ich in Gebrauch ziehen wollte, platzten — bis auf zwei — während der Bohrung der $1^1/_2$ Mm. von ihrem Ende entfernten Oeffnung.

Die Messingröhre, die ich benutzte (die — mit Bezug auf meine früheren Versuche — *D* bezeichnet werden soll) bestand aus mehreren Stücken. Sie waren von Herrn Mechanicus Recoss über einen polirten Stahldorn gezogen und mittelst eingeschliffener, conischer Ansatzstücke, die durch bewegliche Schraubenmuttern angezogen werden konnten, so aneinander gefügt, dass an ihren Verbindungsstellen keine Ungleichförmigkeit der Oberfläche sich zeigte. Ihre Gesammtlänge betrug 2518,9 Mm., ihr Durchmesser im Mittel 5,090 Mm., während der grösste der früher von mir betrachteten 2,8656 Mm. war. Sie wurde in einer Rinne einer möglichst ebenen, horizontal gerichteten, mit Ausschnitten zum Auffangen des ausfliessenden Strahls versehenen Leiste, fixirt.

Hagen hat darauf aufmerksam gemacht, dass die Ausflussgeschwindigkeit des Wassers, die bei wachsender Temperatur bekanntlich bedeutend zunimmt, bei einem gewissen Wärme-

grade ein Maximum erreicht, dass dasselbe von den Dimensionen der Röhre und der Druckhöhe (h) abhängt, dass bei stärkerer Erwärmung Schwankungen des Strahls eintreten, die da am stärksten sind, wo die Geschwindigkeit mit steigender Temperatur fällt. Bei Versuchen an engeren Röhren hatte sich die letztere Erscheinung mir nicht regelmässig gezeigt; bei (D) aber und grösseren Durchmessern trat sie so constant ein, — sobald Poiseuille's Gesetz zu gelten aufhörte — dass ich aus dem äusseren Ansehn des Strahls mit Sicherheit schliessen konnte, ob die Grenze überschritten war. Sobald man nämlich durch Steigerung des Drucks oder der Temperatur oder durch Verkürzung der Röhre u. s. w. sich derselben nähert, sieht man, etwa 4 bis 6 Mal in der Minute) in unregelmässigen Zwischenräumen ein vorübergehendes Zucken des sonst noch continuirlich fliessenden Strahls. Ausflussversuche, in dieser Periode angestellt, geben sehr nahe dieselben Werthe der Reibungs-Constante wie die vorhergehenden. Der Uebergang ist demnach kein plötzlicher. Rückt man allmählig weiter vor, so werden jene Schwankungen intensiver und zahlreicher; die Bewegung folgt nun einem anderen Gesetz. Sie gehen dann bei noch weiterer Entfernung von der Grenze in sehr häufige und heftige Stösse und zuletzt in eine ununterbrochene Vibration des Strahls über.

Die Beobachtungen in den beiden folgenden Tabellen sind bei vollkommen continuirlichem Ausfluss gemacht. Der 1,5 Mm. von der Einflussöffnung gemessene Druck ist p° genannt: der Reibungs-Coefficient η, anzusehn als der Druck einer Wassersäule auf ein Quadratmillimeter. In Tab. II. ist noch die Niveauhöhe (h) angegeben, deren Beziehung zu c später entwickelt werden soll. Die Werthe von p° liegen häufig nahe bei einander, weil bei der Weite der Röhre das Maximum von p° diesseits der Grenze bald erreicht war und für p° unter 50 Mm. die Beobachtungsfehler zu gross gewesen wären.

Tab. I.

τ	p°	c	l	η
0,8° C.	137,4 Mm.	352,6 Mm.	1731,5 Mm.	0,0001821 Mm. g.
	120	302,2		0,0001855
	81,8	210,8		0,0001813
7°	224,4	481,6	2518,9	0,0001498
	184,1	394,6		0,0001499
11,2°	160	433,6	2123,4	0,0001378
	148,1	402,1		0,0001375
	136,5	371		0,0001373
12,5°	103	466,6	1338,5	0,0001308
	98,8	446,4		0,0001312
	84,4	378,1		0,0001323
	73,9	332,4		0,0001318

t	p^0	*c*	*l*	η
12,5° C.	83,6 Mm.	454 Mm.	1104,8 Mm.	0,0001320 Mm. g.
	79,8	427,3		0,0001339
	68,6	368,6		0,0001334
16,5°	97,8	371,9	1731,5	0,0001204
	94,4	357,7		0,0001209
	89,5	338,9		0,0001209
	76,9	292,7		0,0001203
	53,9	250,6		0,0001211
19°	54,3	364,6	1006,8	0,0001173
	60	398,3		0,0001187
20°	53,5	282,8	1338,5	0,0001121
	71,5	376,4		0,0001124
20,5°	86,3	358,4	1731,5	0,0001102
	80,3	331,5		0,0001108
21°	74,8	321,9		0,0001065
	86,4	368,2		0,0001074

Tab. II.

t Grad C.	*h* Mm.	p^0 Mm.	*c* Mm.	*l* Mm.	η Mm g.
1) 0,75°	148,4	129	424,3	1338,5	0,0001839
	128,3	114,2	374,1		1847
	89	80,5	266		1831
2) 0,74°	155,6		653,6	711,8	
	126	91,9	554,6		1883
	91,3	69,6	430,3		1838
3) 4°	105,2	72,5	512	711,8	1613
	84,2	61,5	431,8		1623
	66	49,9	354,6		1603
4) 4,7°	267,8	233,2	556,9	2123,4	1596
	224,2	202,5	475,7		1623
	172,2	158,7	376,1		1608
	133	125,1	294,5		1619
	82,2	77,4	183,6		1608
5) 5,5°	172,5	119,5	613,2	1006,8	1566
	131	98	502,6		1566
	98,7	74,1	395,6		1505
	81,7	65,6	334,9		1573
	65,6	54	282,9		1533
6) 12,5°	100	78,8	478,5	1006,8	1326
	96,9	75,4	459,5		1321
	89,1	71,2	428,5		1338
7) 12,4°	206,1	185,5	464,9	2418,4	1336
	171,9	158	395,2		1338
	132,9	125,1	311,5		1345
	98,8		233,7		
8) 12,4°	189,8	164,3	478,1	2123,4	1338
	171,7	152,7	440,6		1322
	158,9	143,6	411,8		1330
	118,9	110,4	316,5		1330
	98,8		263,6		

Im Einklang mit der Theorie ergeben diese Beobachtungen, dass, — so lange die Bewegung der Axe parallel bleibt, — auch bei weiteren Röhren der Druck (p^0) an der Einflussöffnung proportional der Länge und der mittleren Ausflussgeschwindigkeit, umgekehrt proportional dem Quadrat des Radius ist. Hagen's Annahme einer ruhenden Wasserschicht von messbarer Dicke ist nach derselben eben so wenig gerechtfertigt als die entgegenstehende einer an der Wand stattfindenden Bewegung. Dass die Werthe von η sich nicht ganz so genau an die aus Poiseuille's Temperatur-Coefficienten berechneten anschliessen, wie meine früheren, mag wohl seinen Grund theils in einer bei so langen Röhren unvermeidlichen geringen Ungleichheit des Durchmessers, theils darin haben, dass zu genauerer Messung von p^0 und Verhütung von Temperaturschwankungen mein Apparat nicht ausreichte. Es dürfte für die Versuche zwischen 0 und 5° C. überdies in Betracht zu ziehen sein, dass Poiseuille's Beobachtungen in diesem Temperatur-Intervall nicht so genau durch seine Interpolationsformel dargestellt werden, wie seine übrigen. Die Differenz der oben angegebenen Reibungsconstante beträgt c. $^1/_{100}$—$^1/_{80}$, während die nach Coulomb's Methode von Emil Meier bestimmten Werthe etwa um $^1/_{20}$ abweichen, und die von Helmholtz und Piotrowski gefundenen (in Folge des Einflusses der vergoldeten Oberfläche) zu denen Poiseuille's sich wie 5 : 4 verhalten. — In Tab. I. und II. ist η meist etwas zu gross; bei anderen Versuchen fand ich wieder eine gleiche Abweichung nach der anderen Seite.

Vergleicht man p^0 mit den (10,1 und 17,5 Mm. hinter der Einflussöffnung gemessenen) Drucken p' und p'', so findet man dieselben nahe gleich. Da für $l = 2123$ Mm. p^0 noch nicht über 240 Mm. bei 4° C. gesteigert werden darf, wenn die lineare Bewegung erhalten bleiben soll, lässt sich kein anderes Resultat erwarten. — In der Nähe der Grenze habe ich häufig p^0 etwa 1—2 Mm. kleiner gesehn als es nach der Berechnung hätte sein müssen; z. B.

l	p^0	p'	p''
711,8	49,9	50,2	50
1006,8	54,8	54	54
	61,3	61,3	60,6
	74	74	72,5
1338,5	94,6	94	94,4
2123,4	124,8	125	125,5
	148,5	149	149
	160,6	161	160,8
	174,8	175	175,3

Sobald man aber die Grenze des Gesetzes überschreitet, die Continuität des Ausflusses bei weiteren Röhren also aufhört, wird p^0 stets merklich kleiner als p', und die Differenz zwischen beiden steigt, je weiter man sich von der Grenze entfernt. Ich konnte daher z. B. eine für $l = 2123$ Mm. und einen bestimmten Druck noch sehr geringe Differenz durch Verkürzung der Röhren mehr und mehr vergrössern und umgekehrt.

Je grösser der Durchmesser im Verhältniss zur Länge, um so bedeutender sinkt der Druck an der Einflussöffnung. Die untere Grenze des Durchmessers, bei der diese Senkung nicht mehr bemerkbar ist, $p'' =$ oder $> p'$ liegt näher als ich vermuthet hatte.

Von zwei 157 Mm. langen Röhren, von denen eine 2,86 Mm., die andere 2,50 Mm. Durchmesser hatte, in denen beiden keine lineare Strömung mehr stattfand, zeigte nur die erste noch diese Erscheinung. Bei der zweiten war bereits ebenso wie bei noch engeren Röhren p^0 erheblich grösser als p'.

Die nachstehende Tabelle wird dies deutlicher hervortreten lassen.

Es sei hier nur noch bemerkt, dass in Tab. III. (a) die Reihe ($l = 280{,}7$), wie später bewiesen werden soll, wahrscheinlich innerhalb, dagegen die Reihe ($l = 269{,}5$) ausserhalb der Grenze gleich allen übrigen Versuchsreihen gelegen; dass ferner bei (b) bis $h = 211{,}7$ keine Schwankungen des Strahls bemerkbar waren, dagegen zwischen $h = 211{,}7$ und $h = 256$ der oben beschriebene stossweise Ausfluss und darüber hinaus eine ununterbrochene wirbelförmige Bewegung mit milchiger Trübung des Strahls (wie bei Ansatzröhren) eintrat; dass endlich bei (c) continuirlicher Ausfluss bis $h = 112{,}7$, stossweiser bis $h = 186{,}5$, dann wirbelförmiger vorhanden war. Es fällt also bei diesen engeren und kurzen Röhren das Aufhören des continuirlichen Ausflusses nicht mit der Grenze zusammen, während bei (D) und (E) dies constant geschah.

In dem Verhältniss zwischen p' und p'' ist keine Regelmässigkeit zu erkennen; nur bei der engsten Röhre (a) verhält sich diesseits und jenseits der Grenze $p' : p''$ wie ihre resp. Abstände von dem Anfang derselben. Zur Erklärung dieser eigenthümlichen Druckerscheinungen in der Nähe der Einflussöffnung reicht die Theorie noch nicht aus; es müsste dazu das Gesetz der Strömung bekannt sein, wenn ihre Richtung nicht mehr der Axe parallel, der Druck innerhalb desselben Querschnitts also nicht constant ist. Einer ähnlichen Erscheinung wie der vorliegenden begegnet man bei kurzen Ansatzröhren Bohrt man nämlich am Anfang derselben ein kleines Loch durch die Wand, so findet ein Ansaugen der Luft statt, weil der Druck an dieser Stelle in Folge der Contraction des Strahls negativ, niedriger als der Atmosphärendruck an der Ausflussöffnung ist. In unserem Falle, scheint mir, so lange die Be-

Tab. III.[1])

(a) $\varrho = 0{,}8950$ Mm.				(b) $\varrho = 1{,}2516$ Mm. $l = 157{,}7$ Mm.				(c) $\varrho = 1{,}4328$ Mm. $l = 157{,}6$ Mm.				(D) $\varrho = 2{,}554$ Mm.				(E) $\varrho = 4{,}025$ Mm. $l = 1006{,}8$ Mm.			
h	p°	p'	p''	h	p°	p'	p''	h	p°	p'	p''	h	p°	p'	p''	h	p°	p'	p''
1) $l = 280{,}7$ Mm.												1) $l = 1006{,}8$ Mm.							
363,3	313,7	297,2	287,7	90,8	65	65	54,2	79,3	46,5	48,5	45,7	106,6	86	88	88,5	115,8	50,7	79,6	78,9
345,2	296,7	281,7	271,6	126,8	84,7	78,7	71,7	94,5	51,5	52,7	50,3	115,6	90,3	94,8	94,3	137,3	67,2	95,2	94,7
316,7	276,2	260,5	251,5	141,6	93,7	86,2	79,5	112,7	59,2	63,7	61,5	125,1	97,2	101	101,4	160,8	80,7	117,2	115,3
336,8	294,2	278	268,5	162,3	106,4	98,8	89,5	121,5	63,8	70,5	67,7	136,5	105,2	111,6	111	192,8	95,7	140,6	136,7
305,3	267,1	255	245,5	182,7	116	109	99,2	130,7	65	74,6	71,3	160	123,5	130,7	130,8		122,2	170,4	169,2
281,9	247,5	234,7	226,4	211,7	131,2	120,2	112,5	148,1	70,5	82,7	80,2	193,9	149	159,5	159	280,3	141,7	197	195,4
264,1	233,9	221	213,4	224	136	126,2	117,6	186,5	85,9	106,8	100,5	199	152,2	163,5	164				
2) $l = 269{,}5$ Mm,				239,8	143,7	137,7	123,9	216,2	93,6	124,5	117,8	279	213,3	232,7	232				
834,5	652,2	636,2	606	256	152,2	147,7	132,7	239,9	100,5	137,5	129,2	344,8	254,2	288,7	283,2				
803,6	624,3	581,1	557,1	275,2	162	161,2	146,7	256	107,8	147,6	135,2	372,6	274,7	312,2	307,2				
640,8	505,2	474	453,7	325,3	194,2	193,1	178,5	274,8	115,2	154,5	146,5	2) $l = 1338{,}5$ Mm.							
612,1	484,2	455,7	434,1	364,7	221,1	219	202,2	286	122,6		152,9	140,5	117,6	119,4	119,6				
560,7	448,1	421,2	403,4					309,6	135,5		162	162,6	133,2	138,3	138				
533,4	428,5	402	384,3					335,3	139,9		175,7	177,5	143,7	150,2	150,2				
512,3	413,2	389,4	372,2					365,5	149,5		190,8	279,8	232,5	242,4	243				
493,9	399,5	377,2	361,7									427,3	335,2	366	365,7				
												471,3	368,7	403,4	402,2				
												515,8	402	444,1	440				
												3) $l = 2123{,}4$ Mm.							
												403,8	353,2	369,2	369,1				
												456,7	399,2	417,1	415,2				
												513	447,3	470,4	468,1				
												541	470,3	491,2	488,8				

1) Die Druckwerthe sind nicht auf Mm. reducirt, sondern in dem Maass meiner Scala angegeben, auf welcher der Abstand zweier Theilstriche = 0,922 Mm. ist.

wegung linear, der an der Einflussöffnung entstehende Wirbel sich nicht 1,5 Mm. weit in die Röhre hinein zu erstrecken, bei engen Röhren auch ausserhalb der linearen Bewegung keine grösseren Dimensionen anzunehmen; je weiter und kürzer aber dieselben, um so tiefer in sie hinein zu reichen.

So lange nicht die Relation zwischen Länge und Durchmesser, Druck und Temperatur festgestellt ist, welche die Grenze von Poiseuille's Gesetz bestimmt, sind zur Ermittelung der inneren Reibungen der Flüssigkeiten nach der vorliegenden Methode einige — wenn auch leicht — ausführbare Controllversuche darüber erforderlich, ob jene eingehalten sei. Man muss p einige Male variiren, um die Proportionalität zwischen p und c nachzuweisen.

Es wäre daher — abgesehen von dem theoretischen Interesse — wichtig, jene Relation zu kennen. Poiseuille's Beobachtungen geben über dieselbe keinen Aufschluss; sie zeigen nur, dass das Verhältniss zwischen Länge und Durchmesser nicht constant ist. Bei gleichem Druck und Temperatur lag z. B. für $d = 0{,}0296$ Mm. das Minimum der Länge unterhalb $l = 2{,}1$ Mm., während für $d = 0{,}65$ oberhalb $l = 200$. Daraus wäre zu schliessen, dass in Tabelle III. die Reihe (a) weit ausserhalb der Grenze liege. Nach den folgenden Beobachtungen ist dies nicht wahrscheinlich. Die aus p° berechneten Werthe von η sind etwa $^1/_{80}$ grösser, während die aus p' und p'' abgeleiteten genauer mit Poiseuille stimmen. Dem entsprechend zeigt aber die Reihe (a) p° stets etwas grösser, als es im Verhältniss zu p' und p'' hätte sein sollen. Ob dies regelmässig bei engen Röhren der Fall ist, müssen weitere Versuche lehren.

$\varrho = 0{,}8950 \qquad l = 280{,}7$

τ Grd. C.	p° Mm.	c	η Mm. g.
10,8°	231,5	600,8	0,0001386
	220,8	576,6	1377
	204,7	535,6	1375
	182,7	485,5	1353
11,2°	171,7	460,5	1341
	164,3	441,9	1338
	158,5	426,8	1337
9,5°	290,6	731,9	1428
	285	717,2	1428
	264,5	675,9	1407
	259,9	654,8	1430

τ Grd. C.	p''	c	η Mm. g.
12,5°	195,2	577,8	0,0001250
	174,9	521,7	1241
13°	151,4	458,6	1222
	142,4	435,5	1210
	134	411,3	1209

τ	p'	c	η
11,8°	208,1	614,7	0,0001288
	250,4	749	1272
12,5°	195,8	609,6	1222

In dem vorstehenden Beispiel divergirt das für die Gültigkeit des Gesetzes ausreichende Verhältniss zwischen Länge und Durchmesser am auffallendsten von dem von Poiseuille ge-

forderten. Aber auch Hagen's Beobachtungen weichen in dieser Beziehung — wie alle von mir angestellten — von demselben ab. So fand Hagen bei 12,5° C. und $h = 11,1$ Zoll noch für $d = 0,11$ Zoll und $l = 18,1$ Zoll, das Maximum der Geschwindigkeit nicht erreicht.

Zur Erklärung dieses Maximum, das mit der Grenze von Poiseuille's Gesetz zusammenfällt, ist Hagen von der Vorstellung ausgegangen, „dass beim Eintritt desselben die Geschwindigkeit des Axenfadens der Flüssigkeit die Grenze erreiche, welche die Druckhöhe (h) erzeugen würde, wenn keine Widerstände vorhanden wären" und so zu einer Gleichung gelangt, die zwar den Beobachtungen an seiner Röhre (B), nicht aber an seiner weiteren (C) und engeren (A) genügt. Die sehr bedeutenden Differenzen der beiden letzteren waren jedoch nahe constant.

Die Geschwindigkeit (u_c) des centralen Strahles ist der Theorie gemäss:

$$u_c = \frac{p^\circ \varrho^2}{4l\eta} = 2c$$

so lange die Voraussetzung der der Axe parallelen Bewegung erfüllt ist. Ist dies nicht der Fall und verhielte sich nun (nach jener Hypothese Hagen's) der centrale Strahl wie ein frei ausfliessender, hätte er keine Reibung mehr zu erleiden, so wäre seine Geschwindigkeit nach Toricelli's Satz $c = \sqrt{2gh}$; der Druck in ihm aber dann in jedem Abstand vom Anfang der Röhre derselbe, nämlich $p = gh$.

Durch Einführung dieser Bedingungen ergiebt sich folgende Relation für die Grenze:

$$l = \frac{\sqrt{2gh}}{8\eta} \varrho^2$$

Um dieselbe zu prüfen, habe ich die Temperatur gesucht, bei der unter sonst gleichen Umständen einmal für gleich lange und verschieden weite Röhren und dann für eine gleich weite und verschieden lange die Geschwindigkeit ihr Maximum erreicht; also in einer Versuchsreihe η und l variirt bei constantem h und ϱ, in einer anderen η und ϱ bei constantem h und l. Für die gefundene Temperatur wurde dann aus Poiseuille's Formel der entsprechende Werth von η berechnet.

Der Apparat für die erste Versuchsreihe war folgender: Ein Gefäss von verzinntem Eisenblech war durch eine Zwischenwand in zwei Kammern getheilt. In der einen befand sich — c. 6 Mm. von den Wänden derselben entfernt — das Druckgefäss, ein etwa 85—120 Mm. hoher, 80 Mm. weiter Cylinder, in der anderen Kammer — gleichfalls 6 Mm. von ihren Wänden abstehend — ein ungefähr doppelt so weiter und hoher Cylinder, aus welchem ersterer mittelst eines in der Höhe seines Randes die Zwischenwand durchbohrenden Krahns stets

so viel Wasser erhielt, dass er übervoll blieb. Das überfliessende Wasser lief durch eine Abzugsröhre in der Wand der ersten Kammer nach aussen ab. Der Zwischenraum zwischen dem äusseren Gefäss und den beiden inneren wurde mit Wasser gefüllt, das sehr allmählig erwärmt wurde. In dem mit Klappen verschliessbaren Deckel waren zwei Oeffnungen, die eine für das Thermometer, das mit seinem etwa $2^1/_2$ Zoll langen Cylinder tief in das Druckgefäss hineinragte, die andere für eine Handhabe zur Regulirung des Krahns. Die Röhren wurden durch einen Kork in ein horizontales, blechernes Ansatzstück eingefügt, das an den Wänden des äusseren und des Druckgefässes nahe über seinem Boden angelöthet war.

Die Temperatur des ausfliessenden Wassers wurde ausserdem mittelst einer ähnlichen Vorrichtung, wie sie Hagen[1]) angewandt, vor der Ausflussöffnung gemessen. Sie schwankte während eines Versuches, der 80—120 Secunden währte, sehr unbedeutend.

Für die zweite Versuchsreihe benutzte ich drei cylindrische Glasröhren von folgenden Dimensionen:

(e) $\varrho = 0{,}565$ $l = 166{,}5$
(f) $\varrho = 0{,}697$ $l = 167{,}3$
(g) $\varrho = 0{,}817$ $l = 166{,}2$

Ich hatte bei einer Druckhöhe $h = 70$—111 Mm. bis 70° C. kein Ausflussmaximum an denselben gefunden und vermuthete daher, wie es nach Poiseuille's Angaben wahrscheinlich war, dass sein Gesetz auf sie keine Anwendung finde. Ich stellte darauf bei $h = 420$ Mm. nach Hagen's Methode (da der oben beschriebene Apparat keine Steigerung des Drucks gestattete), Beobachtungen an. Zwei hohe Glascylinder, von denen der eine als Zuflussreservoir und zur Erhaltung eines constanten Niveaus diente, wurden mit heissem Wasser gefüllt, und während der Abkühlung c gemessen. Ein Maximum zeigte sich hier sehr deutlich. Es lag demnach für $h = 111$ Mm. die Grenze hinter 70° C. Wegen der Unsicherheit der Beobachtungen bei sehr hohen Temperaturen in Folge der heftigen Dampfbildung habe ich sie bei diesem niederen Druck nicht zu erreichen gesucht.

Die Dichtigkeit des Wassers ist nach Hagen's Tabelle in Rechnung gebracht; Ausdehnung des Messings und Glases berücksichtigt.

---

1) Abhandlungen der Akademie zu Berlin 1854: Ueber den Einfluss der Temperatur auf die Bewegung des Wassers in Röhren (S. 12).

Tab. IV.

$h = 70{,}1$ Mm.

1) $\varrho = 2{,}554$ Mm. (D).

$l = 670{,}3$ Mm.		$l = 964{,}2$ Mm.		$l = 1297$ Mm.		$l = 1690$ Mm.		$l = 2376{,}9$ Mm.	
τ	c	τ	c	τ	c	τ	c	τ	c
10,8° C	404	14,3° C	356,9	10,9° C	286,2	25,8° C	305,6	30,8° C	243,4
14,1	425,3	18,8	381,9	15,5	315,5	30,4	315,3	33,4	254,3
16,2	427,5	22,8	389,8	18,7	327,1	32,8	320,9	37,8	263,8
18,7	424,7	24,3	379,5	21,9	340,1	35,5	316,2	39,9	266,2
21,5	424,5	28	379,3	28,4	352,3	38,5	313,3	42,2	268,5
25	417,6	32,9	376,1	30,8	352,1	40,5	304,3	44,6	269,9
28,7	395,4			33,3	345,1			47,1	268,7
				35,9	337,8				

2) $h = 111{,}6$ $\varrho = 1{,}4328$ Mm. $l = 620{,}4$ Mm.

τ	c
16,6° C.	355,6
24	385,9
28,6	405,1
33,4	421,6
38,6	432,9
42,1	438,3
45,8	438,8
49,8	434,9
53,6	430,5
56,3	425,1
62,1	418,2

Tab. V.

$h = 420$ Mm.

(e) $\varrho = 0{,}565$ Mm. $l = 166{,}5$		(f) $\varrho = 0{,}696$ Mm. $l = 167{,}3$		(g) $\varrho = 0{,}817$ Mm. $l = 166{,}2$	
τ	c	τ	c	τ	c
70° C.	1059,5	71,5° C.	1086,3	63,9° C	1185,2
67,1	1058	67,5	1085	59,8	1180,5
65,1	1105,4	63,9	1087,2	56,1	1174,6
61,9	1104,2	59,9	1085,2	52,4	1177,2
58,3	1077	56,1	1130,5	49,3	1184,2
53,8	1051,3	54,9	1126,4	45,9	1183,3
49,9	1010,8	50,8	1167,9	42,8	1174,2
45,1	979,3	47,3	1209	40,4	1178,4
41	965,7	46,1	1207,6	37,6	1199,5
38,8	923,0	43,3	1180,2	34,8	1218,6
36	905,1	39,6	1146,3	31,9	1238,1
33,3	868	36,9	1110,2	29,1	1211
28,4	811,3	33,5	1086,1	26	1176,4
24,1	774,7	23,3	977,5	21,9	1154,5
21,8	737,1	19,6	937,3		

Ein Vergleich der beobachteten Temperaturen (Tab. IV.), bei denen das Maximum der Geschwindigkeit eintritt, mit den aus der Grenzrelation berechneten, zeigt, dass dieselbe nur in zwei Fällen den Beobachtungen annähernd genügte, dass unterhalb der ihr entsprechenden Länge die berechnete Temperatur niedriger war als die beobachtete, oberhalb höher. Es ist nämlich:

h	l	berechnet τ	beobachtet τ	ϱ
111,6	620,4	44° C.	42° C.	1,4328
70,1	670,3	7	16	2,554
	964,2	21	24	
	1297	34	28	
	1690	48	33	

Für $l = 1690$ Mm. lässt sich noch mit Wahrscheinlichkeit τ aus Poiseuille's Temperatur-Coefficienten entnehmen; für $l = 2376{,}9$, dem ein beobachtetes $\tau = 44°$ entspricht, ist dies nicht mehr möglich, da es zu weit von der Temperatur (45°) entfernt liegt, bis zu der jener Coefficient festgestellt ist.

Die genaueste Uebereinstimmung mit der Formel fand ich bei einer etwas weiteren Röhre als (D), deren Radius $= 2{,}649$ Mm.; während sie der obigen gleich lang ($l = 963{,}3$) gemacht war. Bei $h = 70{,}1$ war hier das beobachtete $\tau = 18{,}5°$ C., das berechnete 18°.

Die Beziehung zwischen η und ϱ für die Grenze, lässt sich nur aus Tab. V. (f) und (g) ableiten; denn für (e) lag das Ausflussmaximum bei 65° C. Aus (g) und (f) aber ist wahrscheinlich, dass der Grenzwerth von η proportional dem Quadrat des Radius. Es ist nämlich:

$$33°\text{ C.})\ \eta_{(g)} = 0{,}00008873\text{ Mm. g.}$$

$$48°\text{ C.})\ \eta_{(f)} = 0{,}00005705\text{ Mm. g.}$$

also

$$\frac{\eta^2_{(g)}}{\eta^2_{(f)}} = 1{,}352, \text{ während } \frac{\varrho^2_{(g)}}{\varrho^2_{(f)}} = 1{,}373.$$

Da ich für die Hypothese eines ohne Reibung fliessenden, centralen Strahls in den Beobachtungen keine genügende Begründung fand, habe ich Versuche, um eine Relation zwischen $p°$ (statt h), ϱ, l und η zu ermitteln, begonnen und zuvörderst das Verhältniss zwischen $p°$ und l für die Grenze festzustellen gesucht.

Bei derselben Temperatur machte ich an der Röhre (D), deren einzelne Theile nach einander abgeschroben wurden, in-

nerhalb des Intervalls, in dem die ersten Zuckungen des Strahls eintreten, für jede Länge etwa 6 Ausflussversuche, indem ich h von 6 zu 6 Mm. steigerte: die beiden ersten Versuche bei gleichmässiger Strömung, die beiden folgenden in der Uebergangsperiode, die letzten schon bei heftigen Schwankungen. Es wurden h, p° und c gemessen und die Werthe derselben berechnet, zwischen denen die Gültigkeit von Poiseuille's Gesetz aufhört. Sehr häufige Wiederholung dieser Versuche ergab genau dieselben Resultate; Temperatur-Verschiedenheiten von 1° markirten sich schon deutlich, indem bei Erhöhung derselben die Grenze in das unterhalb des vorher gefundenen liegende Intervall hinabrückte und umgekehrt.

Es ergab sich, dass die Drucke an der Einflussöffnung, bei denen sich das Gesetz der Bewegung ändert, proportional sind der Länge der Röhre. So genau, als es bei diesen Versuchen möglich ist, werden die folgenden Beispiele dies beweisen; die durch einen Strich getrennten Beobachtungen sind bei verschiedenen Temperaturen gemacht; die ersten bei 14° C., die zweiten bei 15,8° C.

l	Grenzwerthe von p°
1006,8	78,8
1104,8	86,6
1338,5	101
2123,4	163,3
2418,4	194,6
711,8	61,5
1338,5	110,1
1731,5	143
2123,4	174

Die Resultate meiner Versuche über die Beziehung zwischen p°, ϱ und η, die noch nicht geschlossen werden konnten, behalte ich einer späteren Mittheilung vor.

Wir haben gesehn, dass es sich bei der Bestimmung des Reibungs-Coefficienten nur um die Messung des Drucks innerhalb der Röhre, nicht um die der Niveauhöhe (h) im Druckgefäss handelt. Es ist aber von Interesse, auch die Relation zwischen h und c zu kennen, welche der zwischen p und c geltenden entspricht. Das umfangreiche, experimentelle Detail, das über dieselbe existirt, ist mit Ausnahme der exacten Untersuchungen Hagen's deshalb nicht zu verwerthen, weil bei Anstellung der Versuche auf die Grenze der der Axe parallelen Bewegung keine Rücksicht genommen ist. Es sind daher Beobachtungen diesseits und jenseits derselben mit einander verglichen und so die unrichtigen Formeln abgeleitet,

die aus den Handbüchern der Hydraulik wie aus Gerstner's und Girard's Arbeiten in die Haemodynamik übergegangen sind.

Hagen stellte folgende Gleichung auf:

$$h' = \frac{l\varrho^2\beta}{(\varrho-\alpha)^4}\, c + (\alpha' + l\beta')\, \frac{\varrho^4}{(\varrho-\alpha)^4}\, c^2$$

darin bedeutet h' die um den Gegendruck der capillaren Oberfläche des ausfliessenden Strahls verminderte Druckhöhe (h), α die Dicke der ruhenden Wandschicht, also $\varrho - \alpha$ den Halbmesser des bewegten Flüssigkeits-Cylinders; β, α' und β' Constanten.

Einige Versuche, die ich früher mitgetheilt,[1] bestätigten diese Formel zwar im Wesentlichen, divergirten aber in einigen Beziehungen, zu deren weiterer Verfolgung ich damals keine Gelegenheit hatte. Es blieb nämlich experimentell zu entscheiden:

1) ob durch das Glied, das die erste Potenz der Geschwindigkeit enthält, der Druck (p°) an der Einflussöffnung dargestellt werde. Hagen hatte p° nicht direct bestimmt;

2) welche Bedeutung der Coefficient des Quadrats der Geschwindigkeit habe; ob er eine Function der Temperatur der Flüssigkeit und der Länge der Röhre sei, wie Hagen angenommen;

3) ob während der Strömung ein capillarer Gegendruck von der Ausflussöffnung her wirke.

Die Feststellung dieser Punkte erschien mir nicht unwesentlich, zumal jene Gleichung nicht die Bedeutung einer Interpolationsformel, sondern eine theoretische Begründung hat. Es wird dies aus der nachstehenden Entwickelung klar werden, die ich Herrn Prof. Neumann's Vorträgeu über Hydrodynamik verdanke, und die bisher nicht veröffentlicht ist. Ohne dieselbe — auf rein experimentellem Wege — scheint mir eine richtige Würdigung der Relation zwischen h und c nicht möglich.

An ein mit Flüssigkeit gefülltes Gefäss von grossem Querschnitt sei eine cylindrische Röhre (deren Länge l, Radius R) angesetzt. Auf das Niveau (AB) der Flüssigkeit, das in constanter Höhe (h) über der Ausflussöffnung ($\alpha\beta$) der Röhre erhalten bleibe, wirke der Druck P°; auf $\alpha\beta$ der Druck P und an der Einmündungsstelle der Röhre in das Gefäss, also an der Einflussöffnung der Druck p°.

Das Prinzip der Erhaltung der lebendigen Kraft ist ausgedrückt durch die Gleichung:

---

1) Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv Januarheft 1860. Ich habe hier angegeben, dass Hagen den Coefficienten von c^2 als unabhängig von der Temperatur betrachtet, und übersehen, dass sich diese Annahme nur auf die Constante α' bezieht, während er den Einfluss der Temperatur auf β' für unzweifelhaft hält. (S. 48.)

$$\Sigma m (u^2 - u_0^2) = 2 \Sigma m \int_t^{t+dt} \int \left\{ R \cos (R,ds) \frac{ds}{dt} dt \right\}$$

wenn u die Geschwindigkeit des Theilchen m zur Zeit $t + dt$, u° zur Zeit t, R eine in dem Zeitelement auf m wirkende Kraft, ds das Element der Bahn. — Die Summe $\int$ bezieht sich auf die Kräfte, die auf m wirken; Σ auf die Massentheilchen des Systems.

Die wirkenden Kräfte sind:

1) Die Schwerkraft: Wenn M die zwischen AB und $\alpha\beta$ befindliche Flüssigkeitsmasse, Z die Ordinate ihres Schwerpunktes, so ist der von ihr herrührende Theil der Kräftefunction $= MgdZ$; oder wenn μ die Masse der im Zeitelement durch AB, sowie durch $\alpha\beta$ strömenden Flüssigkeit, die durch ihre Ortsveränderung die Lage des Schwerpunktes geändert hat,

$$MgdZ = \mu gh \quad \text{(I.)}$$

2) Die Druckkräfte: Der Druck auf das Niveau im Gefäss, dessen Querschnitt Q°, ist $= P^\circ Q^\circ U^\circ dt = \frac{P^\circ \mu}{D}$; der Druck auf die Ausflussöffnung $(\alpha\beta) = -2\pi dt P \int_0^R u r dr = -\frac{P\mu}{D}$

da $\mu = DQ^\circ U^\circ dt = 2\pi D \int_0^R r dr u dt$; also dieser Theil der Kräftefunction:

$$\frac{P^\circ - P}{D} \mu \quad \text{(II.)}$$

3) Die innere Reibung der Flüssigkeit: Da ihr Element nach der früher entwickelten Theorie

$= 2\pi\eta dr dx \dfrac{d\left(r \frac{du}{dr}\right)}{dr} u dt$, so ist (für die ganze Röhre) der dritte Theil der Kräftefunction

$$2\pi\eta dt \int_0^R \int_0^l dr\, dx\, u \frac{d\left(r\frac{du}{dr}\right)}{dr} = 2\pi\eta\, l dt \int_0^R u \frac{d\left(r\frac{du}{dr}\right)}{dr} dr$$

$$= 2\pi\eta l dt \left\{ \left[r u \frac{du}{dr} \right]_0^R - \int_0^R dr \cdot r \left(\frac{du}{dr}\right)^2 \right\}$$

$$= 2\pi\eta l dt \left\{ R\bar{u} \frac{d\bar{u}}{dr} - \int_0^R dr \cdot r \left(\frac{du}{dr}\right)^2 \right\} \quad \text{(III.)}$$

4) Die Reibung an der Wand der Röhre: nach dem Früheren

$$= 2\pi R l \left\{ \varepsilon (v - \bar{u}) - \eta \frac{d\bar{u}}{dr} \right\} \bar{u}\, dt \quad \text{(IV.)}$$

Die Geschwindigkeit der Wand $v = 0$ gesetzt, giebt

$$(\text{III} + \text{IV.}) - 2\pi\eta l dt \int_0^R dr\, r\left(\frac{du}{dr}\right)^2 - 2\pi\varepsilon l R \bar{u}^2$$

Die Differenz der lebendigen Kräfte ist für unseren Fall:

$$\mu\,(u^2 - U^{0^2}) = \mu \left\{ \frac{\int_0^R u^3 r dr}{\int_0^R u r dr} - U^{0^2} \right\}$$

oder da nach der Relation für μ

$$U^0 = \frac{2\pi \int_0^R u r dr}{Q^0}; \quad \mu\,(u^2 - U^{0^4}) = \mu \left\{ \frac{\int_0^R u^3 r dr}{\int_0^R u r dr} - \left(\frac{2\pi \int_0^R u r dr}{Q^0}\right)^2 \right\}$$

Wir erhalten also:

$$\left\{ \frac{\int_0^R u^3 r dr}{\int_0^R u r dr} - \left(\frac{2\pi \int_0^R u r dr}{Q^0}\right)^2 \right\}$$

$$= 2gh + 2\,\frac{P^0 - P}{D} - \frac{4\pi\varepsilon l R dt}{\mu}\,\bar{u}^2 - \frac{4\pi\eta l dt}{\mu}\int_0^R r dr \left(\frac{du}{dr}\right)^2$$

Da nun $u = \frac{p^0}{4l\eta}\left\{ R^2\left(1 + \frac{2\eta}{\varepsilon R}\right) - r^2 \right\}$ und $\frac{p^0}{4l\eta} = \frac{2c}{\left(1 + \frac{4\eta}{\varepsilon R}\right)R^2}$;

$$\text{also } u = \frac{2c}{\left(1 + \frac{4\eta}{\varepsilon R}\right)R^2}\left\{ R^2\left(1 + \frac{2\eta}{\varepsilon R}\right) - r^2 \right\}$$

so erhält man durch Substitution dieses Werthes und Ausführung der Integrale

$$2c^2\left\{ \frac{\left(1 + \frac{2\eta}{\varepsilon R}\right)^2 + \left(\frac{2\eta}{\varepsilon R}\right)^2}{\left(1 + \frac{4\eta}{\varepsilon R}\right)^2} - \frac{\pi^2 R^4 c^2}{Q^{0 2}} \right\}$$

$$= 2gh + 2\,\frac{P^0 - P}{D} - 2\,\frac{8\eta l c}{D\left(1 + \frac{4\eta}{\varepsilon R}\right)R^2}$$

Ist nun die Flüssigkeit auf beiden Seiten nur unter dem Druck der Atmosphäre, d. h. $P = P^0$, benetzt sie ferner die Wand, d. h. ist ε ∞ gegen η, ist endlich Q^0 sehr gross gegen den Querschnitt der Röhre ($r^2\pi$), so geht dieser Ausdruck in folgenden über:

$$2\text{gh} = 2c^2 + 2\,\frac{8\eta l}{DR^2}\,c$$

Die Voraussetzungen, unter denen die vorstehende Relation gilt, sind denen gleich, die für Poiseuille's Gesetz erfüllt sein mussten; es ist in dem vorliegenden Fall nur noch eine hervorzuheben, dass nämlich an der Einflussöffnung kein Verlust an lebendiger Kraft stattfindet. Ist ein solcher vorhanden (und die Erfahrung lehrt, dass dies gewöhnlich der Fall ist), so muss er noch in Rechnung gebracht, zu $2c^2$ hinzugefügt werden.

Ohne Berücksichtigung der Reibung der Flüssigkeit wäre bekanntlich $2gh = c^2$; in Folge derselben tritt also ein der Geschwindigkeit (c) proportionales Glied hinzu, und das von c^2 abhängende verdoppelt sich.

Meine Beobachtungen über h und c (Tab. II.) lassen sich genau durch einen Ausdruck von der Form

$$h = sc + tc^2$$

darstellen; sie ergeben folgende Werthe der Constanten:

Tab. II.		s	t
	1)	$s = 0{,}30958$	$t = 0{,}00009266$
	2)	$= 0{,}16306$	$= 0{,}00011497$
	3)	$= 0{,}14276$	$= 0{,}00012203$
	4)	$= 0{,}42124$	$= 0{,}00010543$
	5)	$= 0{,}1926$	$= 0{,}00014248$
	6)	$= 0{,}16415$	$= 0{,}00009869$
	7)	$= 0{,}40191$	$= 0{,}00008637$
	8)	$= 0{,}3424$	$= 0{,}0001101$

Die Theorie fordert: $sc = \frac{8\eta l}{D\varrho^2} = p^0$

Soweit es irgend von der angewandten Methode zu erwarten, wird sie durch die Beobachtung bestätigt. Vergleichen wir das an der Einflussöffnung beobachtete p^0 mit dem berechneten sc:

	beobachtet p^0	berechnet sc		beobachtet p^0	berechnet sc
1)	129	131,2	5)	119,5	118,1
	114,2	115,8		98	96,8
	80,5	82,3		74,1	76,2
2)	91,9	90,4		65,6	64,5
	69,6	70,2		54	54,5
3)	72,5	73,1	6)	71,2	70,3
	61,5	61,6		75,4	75,4
	49,9	50,6		78,8	78,5
4)	233,2	234,6	7)	185,5	186,8
	202,5	200,4		158	158,9
	158,7	158,4		125,1	125,2
	125,1	124,1	8)	110,4	108,4
	77,4	77,3		143,6	140,3
				152,7	150,9
				164,3	163,7

Der Coefficient von c^2 ferner ist unabhängig von der Temperatur und der Länge der Röhre, wie Tab. II. und die folgende Tab. VI. im Widerspruch mit Hagen's Annahme zeigen.

Tab. VI.

(1) $\varrho = 2,554$ Mm.

τ	h	c	l	s	t	η
12° C.	64,4	393,4	711,8	0,11276	0,00012995	0,0001282 Mm.g.
	78,3	454,9				
	81,7	470,3				
12,5° C.	55,9	287	1006,8	0,15652	0,00013285	0,0001258
	64,7	321,6				
	82,4	398,6				
	98,3	451,4				
	102,5	468,2				
12,8° C.	98,2	373,9	1338,5	0,20242	0,00016058	0,00012241
	124	451,9				
	128,9	467,6				
	134	477,1				
12,4° C.	64,7	266,2		0,2047	0,00014183	0,0001238
	82,9	330,7				
	129	470,5				
4° C.	133,5	349,3	1731,5	0,34695	0,00010107	0,0001621
	105,2	227,3				
	84,2	280,5				
7° C.	198,5	515,8		0,30904	0,00014519	0,0001444
	174	464,2				
	136,5	374,8				
12,3° C.	160,7	476		0,26536	0,00014859	0,0001241
	154,4	462,3				
	148,9	449,8				
	98,6	316,2				
	64,5	213,9				
12,3° C.	226,9	488,1	2518,9	0,38306	0,00016717	0,00012308
	186,7	413,9				
	150,6	341,1				

2)[1]) $\varrho = 4,025$ Mm. $l = 1066,3$ Mm. $\tau = 2,5°$.

h	c	
58,1	381,2	$s = 0,093104$
34,2	260,2	$t = 0,00015416$
23,3	187,1	$\eta = 0,0001871$ Mm.g.

3) $\varrho = 0,8950$. $l = 269,5$. $\tau = 16°$.

h	c	
516,6	1167,8	$s = 0,3093$
491,1	1123,3	$t = 0,0001141$
472,4	1091,1	$\eta = 0,00011492$ Mm.g.
453,7	1051	
433,2	1020,4	

$\varrho = 2,554$ Mm.	$l = 1731,5$ Mm.
τ	t
4° C.	0,0001056
7,1°	0,0001517
10,2°	0,0001050
14,3°	0,0001056
18°	0,0001031
20,6°	0,0001058

1) η ist an dieser weitesten Röhre etwa $1/50$ grösser, als das sonst für diese Temperatur bestimmte; bei so niederen Werthen von h, wie sie hier für das Verhältniss der Länge zum Durchmesser gewählt werden mussten, sind jedoch die Beobachtungen unsicherer.

Statt des theoretischen Werthes $gt = 1$ hatte ich früher an der Röhre C (s. Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv) bei nahe gleichem Druck $gt = 1{,}2$ bis 1,5 gefunden; hier schwankte er in den meisten Versuchen zwischen 1,1 und 1,6 und war dreimal sogar kleiner als 1. Ziehe ich noch meine übrigen Beobachtungen in Betracht, die hier nicht angeführt worden, so liegt gt in der überwiegenden Mehrzahl zwischen 1,2 und 1,6. Es liegt nahe, eine Beziehung desselben zum Geschwindigkeits-Coefficienten beim Ausfluss durch cylindrische Ansatzröhren zu vermuthen, der je nach der Druckhöhe, der Weite der Röhre, der Abrundung der scharfen Kanten an der Einmündungsstelle etwa zwischen 0,72 und 0,95 variiren soll. Aber aus den obigen Werthen lässt sich darüber noch nichts feststellen; auch sind die Angaben über den Geschwindigkeits-Coefficienten zu widersprechend, um benutzt werden zu können. So sah ihn Hagen mit abnehmender Druckhöhe sehr steigen, Donders fallen; Weissbach ihn mit wachsendem Durchmesser fallen, Donders steigen. Vergleichende Bestimmungen beider Coefficieten an Ansatz- und langen Röhren von gleichem Durchmesser dürften die vorliegende Frage am ersten entscheiden. Dass eine Uebertragung der Resultate von den einen auf die anderen, wie Donders[1]) sie versucht hat, nicht gerechtfertigt ist, geht sowohl aus den von Hagen beobachteten Werthen ($gt = 1{,}35$—1,65) wie aus den meinigen hervor.

Ein capillarer Gegendruck, von dem cylindrischen Mantel des ausfliessenden Strahls her gegen h gerichtet, ist nicht vorhanden. Dies folgt schon daraus, dass h sich stets so genau, als es die Messung zuliess, bei weiten und engen Röhren durch den obigen Ausdruck ohne constantes, von der Geschwindigkeit unabhängiges Glied, darstellen liess.

Die ganz unregelmässigen Differenzen des beobachteten und berechneten h betrugen meist nur $^1/_{120}$—$^1/_{200}$. So war z. B. bei der Röhre ($\varrho = 0{,}895$) Tab. V. (3).

h beobachtet	h berechnet
433,2	434,1
453,7	451,1
472,4	473,3
491,1	491,4
516,6	516,9

Einen directen Beweis dafür gaben Versuche, bei denen ich den Strahl abwechselnd in die Luft und unter Wasser austreten liess. Letzteres liess sich schell dadurch bewerkstelligen, dass

1) Archiv für holländische Beiträge von Donders. 1857.

ich über das Ende der Röhre einen durch eine Zwischenwand (deren Rand etwa 1 Mm. die Ausflussöffnung der Röhre überragte) getheilten Blechkasten schob. Die geringe Niveauhöhe in letzterem, die von h abgezogen wurde, ist mittelst einer Stahlspitze gemessen worden, die an einem genau getheilten und mit Nonius versehenen Messingstab verschiebbar war.

Die Geschwindigkeit war dieselbe beim Ausfluss unter Wasser wie in Luft.

Hagenbach betrachtet in ähnlicher Weise, wie es schon Fick gethan, Poiseuille's Relation als einen speciellen Fall der zwischen h und c bestehenden. Er geht von der in der Hydraulik gebräuchlichen Zerlegung der Druckhöhe h in eine Geschwindigkeitshöhe (h') und Widerstandshöhe (h'') aus und gelangt — unter der Voraussetzung, dass $\sqrt{2gh'} = c$ — zu folgendem Ausdruck für enge und glatte Röhren:

$$h = \frac{8\eta l}{D\varrho^2} c + 0{,}000080865 c^2$$

worin das erste Glied $= h''$, das zweite $= h'$ sein soll.

Wenn h' verschwindend klein gegen h'', so werde $h = h''$ d. h. es gelte das Gesetz Poiseuille's. Bei denjenigen unter seinen Versuchen, die sich demselben nicht fügten, sei die Geschwindigkeitshöhe h' nicht mehr zu vernachlässigen gewesen; deshalb gelte für sie die obige Relation. Hagenbach findet, indem er nach derselben aus einer grösseren Anzahl von Poiseuille's Beobachtungen ausserhalb der Grenze η berechnet, es häufig ziemlich genau mit dem aus den Versuchen innerhalb der letzteren ermittelten η übereinstimmen; wo es nicht der Fall war, nimmt er noch einen Erschütterungswiderstand an, der bei weiten Röhren mit rauhen Wänden vorherrschend sei, bei engen sich jedoch schwächer bemerkbar mache.

Eine speciellere Widerlegung dieser Auffassung dürfte nach dem Vorhergehenden unnöthig sein. Es bleibt nur zu beweisen übrig, dass sie in Poiseuille's Beobachtungen keine Stütze findet, wie es nach Hagenbach's Tabellen den Anschein hat.

Ich habe zu diesem Zweck dieselben unter der Form:

$$h = sc + tc^2$$

darzustellen gesucht und mich überzeugt, dass dies nur theilweise möglich, dass der Coefficient t nicht constant und fast immer erheblich grösser ist, als Hagenbach ihn angenommen.

Die folgende Zusammenstellung wird dies zeigen. Die Werthe von h sind überall nahe dieselben gewesen; nämlich

$h =$ 661 Mm. Wasser
1321,8
1981,7
2626,6
5210,3
10459,1

Die Temperatur war $= 10°$ C.

Hagenbach hat in seine Tabellen nicht selten Beobachtungen innerhalb der Grenze aufgenommen; bei diesen war natürlich die Uebereinstimmung mit seiner Formel am grössten, wenn die Geschwindigkeit sehr gering, also tc^2 sehr klein war.

Die Versuchsreihen, die sich dem obigen Ausdruck nicht fügen, habe ich + bezeichnet und nur zum Vergleich mit Hagenbach's Angaben die aus ihnen abgeleiteten Constanten beigefügt.

	l	ϱ	s	t	η
Mémoires présentés S. 465 A IV.	15,75 Mm.	0,07085 Mm.	3,3966	0,0001081	0,0001354 Mm.g.
S. 466 A V.	9,55		2,1030	0,0001154	1382
S. 467 A VI.	6,755		1,4907	0,0001112	1381
+ S. 467 A VII.	1		0,3340	0,00009506	2098
S. 472 B IV.	9	0,05675	2,8864	0,0001237	1291
S. 473 B V.	3,9		1,2029	0,0001052	1242
S. 477 C V.	6,025	0,04275	3,2286	0,0001921	1224
S. 481 D IV.	3,35	0,02175	7,4442	0,00008037	1314
+ S. 485 F I.	200	0,3267	1,9521	0,0001291	1302
+ S. 486 F II.	99,72		0,9617	0,0001440	1287
+ S. 486 F III.	50,45	0,3269	0,5196	0,0001178	1378
+ S. 487 F IV.	26	0,3273	0,2899	0,0001048	1493

Die Uebereinstimmung von η ist auch da, wo sich die Beobachtungen durch jene Interpolationsformel darstellen lassen, durchaus nicht der bei Poiseuille's Methode erreichbaren entsprechend. Sie differiren schon in der zweiten Decimale, während die übrigen auf 4 Ziffern genau sind. Der sogenannte „Erschütterungswiderstand“, der dies erklären soll (abgesehen davon, ob er überhaupt annehmbar ist), dürfte doch, so lange die Bewegung der Axe parallel, — und diese Voraussetzung macht ja Hagenbach gerade für die vorliegenden Versuche geltend — nicht zu statuiren sein.

Die Form des Ausdrucks allein ist ferner durchaus nicht massgebend. Es lassen sich häufig, namentlich bei engeren Röhren, Beobachtungen ausserhalb der Grenze des Gesetzes unter derselben Form darstellen. Nachstehende Beispiele, denen ich viele andere hinzufügen könnte, bei denen directe Messungen des Drucks mich gelehrt hatten, dass dasselbe nicht mehr gelte, mögen dies beweisen:

1) $\varrho = 1{,}2516$ Mm. $l = 157{,}7$ Mm. $\tau = 25{,}5°$ C.

beobachtet h	c	berechnet h
195,2	983,3	195,3
168,5	892,9	168,7
149,6	821,2	148,8
130,6	751,1	130,5
116,9	698,8	117,5
$l = 269{,}5$ $\tau = 17{,}5°$ C.		
289,8	972,4	291
274,6	933,7	273,4
257,8	895,1	255,9
238,6	860,4	240,7

2) $\varrho = 1{,}4328$ Mm. $l = 157{,}6$ Mm. $\tau = 25°$ C.

beobachtet h	c	berechnet h
69,7	519,4	69,4
86,1	596,2	86,8
93,8	623,9	93,6
112,6	696,2	112,4
207,5	1001,3	209,5
221,1	1036,3	222,6
253,5	1116,8	254,1
286,6	1193,1	285,8
317,6	1263,5	316,7

Es scheint mir gerade aus Poiseuille's Versuchen das Gegentheil von dem hervorzugehen, was Hagenbach geschlossen: dass nämlich die Vorstellung einer Widerstandshöhe, welche die Reibung überwinden, und einer Geschwindigkeitshöhe, welche die Bewegung erzeugen soll, nicht nur theoretisch unzulässig, sondern auch mit der Erfahrung im Widerspruch ist. Man darf nur seine Versuche bei hohem Druck innerhalb der Grenze durchsehn, um zu erkennen, dass die Ausflussgeschwindigkeiten bei denselben so beträchtlich sind, dass eine Vernachlässigung der sogenannten „Geschwindigkeitshöhe“ auch hier nicht erlaubt wäre.

Für die Periode der Bewegung, in der Poiseuille's Ge-

setz nicht mehr gilt, hat sich aus meinen Beobachtungen ergeben:

dass an der Einflussöffnung der Druck plötzlich sinkt, in den nächst gelegenen Querschnitten der Flüssigkeit ansteigt und darauf ein Maximum erreicht, das um so näher der Einflussöffnung liegt, je enger die Röhre; dass ferner von diesem Punkte an die an der Peripherie gemessenen Drucke sich verhalten wie innerhalb des Gesetzes, d. h. wie die Ordinaten einer geraden Linie.

Vergleicht man die bei derselben Temperatur und mittleren Ausflussgeschwindigkeit an verschiedenen Längen der Röhre bestimmten Werthe des Drucks neben der Einflussöffnung (p), so findet man, dass sie — wie die dem Maximum entsprechenden (p'') — den Längen proportional sind; der Quotient beider also unabhängig von der Länge ist.

$\tau = 22°$ C.

$l = 1731,5$		$l = 2418,4$	
$p°$	c	$p°$	c
284,3	638,3	406,1	638
274,2	623,6	392	624,5
259,5	604,8	367,6	604,1
253,4	594	359,8	595
240,2	582	344,5	582
227,1	559	321,5	559,5
199,8	523	282,2	523,2
142,5	461,2	197,5	460,8

Ueber die Endigungsweise der Geschmacksnerven in der Zunge des Frosches.

Von

Dr. Ernst Axel Key aus Stockholm.

(Hierzu Taf. VIII.)

Unsere Kenntniss von der Endigungsweise der Nerven in den höheren Sinnesorganen hat in den letzten Zeiten, vorzugsweise durch Max Schultze's ebenso gründliche wie umfassende Untersuchungen so bedeutende Fortschritte gemacht, dass man diese Endigungsweise als principiell bekannt betrachten darf, wenn auch mehrere Einzelheiten für die weitere Forschung übrig geblieben sind.

Dass man in der Retina wenigstens die Stäbchen als nervöse Endigungen aufzufassen habe, wenn auch die Natur der Zapfen als noch nicht völlig erklärt zu betrachten ist (Schultze de retinae structura penitiori. Bonn 1859 p. 24), darüber kann man wohl keinen Zweifel hegen, wenn man die feinen Fäden gesehen hat, welche, oft mit regelmässigen Varicositäten versehen einwärts von den Stäbchenkörnern fortlaufen, und völlig mit den feinsten Opticusfasern übereinstimmen. Von diesen unterscheiden sich die eigentlichen Müller'schen Fasern, die gröber sind und sich sowohl in der Membr. limitans interna und in der von M. Schultze entdeckten, völlig deutlichen und bestimmten Membr. lim. externa, als auch in der zwischen diesen beiden Membranen befindlichen Zwischensubstanz, in welcher alle die nervösen Elemente eingebettet liegen, auflösen, wie M. Schultze es beschrieben hat (op. cit. p. 8).

Nachdem zuerst Eckhard (Beiträge zur Anatomie und Physiologie Heft I. 1858 S. 77) die Vermuthung aufgestellt hatte, dass die Epithelialzellen in der Regio olfactoria in Verbindung

mit den Nervenfasern des Olfactorius stehen, und dieselbe Vermuthung auch von Ecker (Berichte über die Verhandlungen der Gesellschaft für Beförderung der Naturwissenschaft zu Freiburg i. B. 1855. No. 12, Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Bd. 8. 1856. S. 303.) ausgesprochen wurde, gelang es M. Schultze, wie Kölliker sagt, diese Angelegenheit nahezu zum Abschluss zu bringen. M. Schultze (über die Endigungsweise der Geruchsnerven und die Epithelialgebilde der Nasenschleimhaut, Monatsberichte der Akademie der Wissenschaften zu Berlin. 1856. S. 504) fand nämlich constant in der Regio olfactoria in allen Wirbelthierclassen zwei verschiedene, zum Theil schon von Eckhard und Ecker gesehene, aber nicht völlig richtig aufgefasste und beschriebene Arten von Zellen, nämlich: modificirte cilienlose Epithelialzellen, deren Fortsätze durch seitliche Ausläufer öfter mit einander in Zusammenhang treten und gegen die bindegewebige Unterlage sich verzweigten, aber nicht in Verbindung mit den Nerven standen, und „zwischen diesen in grosser Zahl andere Zellen von abweichender Gestalt und eigenthümlicher chemischer Beschaffenheit", welche bestanden „aus einem rundlichen Zellenkörper und zwei in entgegengesetzter Richtung abgehenden feinen Fortsätzen, von welchen der eine, nach der Peripherie strebende, in gleicher Höhe mit der freien Fläche der Epithelialzellen endigte, der andere nach der bindegewebigen Grundlage der Schleimhaut verlief." Der letztere war äusserst fein mit regelmässigen Varicositäten versehen, und stimmte sowohl im Aussehen als in der chemischen Beschaffenheit, soweit sich diese ausmitteln liess, überein mit den feinen varicösen Fäden, in welche der Nervus olfactorius sich in der Nasenschleimhaut auflöste. Die peripherischen Fortsätze dieser eigenthümlichen Zellen (varicöse Faserzellen, Riechzellen Sch.) reichten bis an die freie Oberfläche des Epithels und trugen bei manchen Thieren haarähnliche, in das Freie hinausragende Aufsätze. Die Untersuchungen M. Schultze's, wenn auch von mehreren Seiten bekämpft, sind doch in der Hauptsache von Ecker (Henle's Jahresbericht 1856 S. 117) und Kölliker (Handbuch der Gewebelehre, dritte Auflage, S. 679 ff.) bestätigt worden, und in

der Nasenschleimhaut des Frosches sind sie wirklich so leicht zu constatiren, dass ein Jeder, der nach den von M. Schultze angegebenen Methoden untersucht, ohne Mühe und ohne viel Zeitverlust sich von ihrer Richtigkeit überzeugen dürfte.

Später fand M. Schultze (Ueber die Endigungsweise der Hörnerven im Labyrinth, Müller's Archiv 1858, S. 343), dass der Hörnerv im Vorhof und den Ampullen auf eine völlig analoge Weise endigte. Er fand nämlich, dass die Nerven in den Ampullen und den Otolithensäcken mehrerer Fische, nachdem sie ihre Markscheiden verloren hatten, als nackte Axencylinder aus der bindegewebigen Grundlage heraustraten, und sich zwischen den epithelialen Elementen in feine Fäden verzweigten. Zwischen den modificirten Epithelialzellen standen mit den Riechzellen analoge celluläre Bildungen (Hörzellen Sch.), deren centrale Ausläufer völlig mit den feinen Fasern, in welche die Nervenfasern durch Theilung übergingen, übereinstimmten. Ueber die freie Fläche des Epithels auf der Crista acustica ragten in die Endolympha lange feine, steife Haare hinein, die M. Schultze jedoch nicht in Verbindung mit Zellen sehen konnte. Verschiedene Beobachtungen sprechen dafür, dass die Endigungsweise der Hörnerven im Vestibulum und den Ampullen der übrigen Wirbelthiere eine ähnliche sei, und ist Kölliker u. A. in Betreff der Endigungsweise der Nerven in den Ampullen des Ochsen zu Resultaten gekommen (Gewebelehre III. Aufl. S. 663), welche mit denen von M. Schultze übereinstimmen.

Kurz nachdem Schultze die Endigungsweise der Nerven in der Regio olfactoria gefunden hatte, nahm Billroth die Zunge des Frosches zur Untersuchung vor, um die Endigungsweise der Geschmacksnerven aufzusuchen. Die in mehreren Beziehungen interessanten Resultate, welche aus diesen Untersuchungen hervorgingen, hat Billroth in zwei Aufsätzen veröffentlicht: „Ueber die Epithelialzellen und die Endigungen der Muskel- und Nervenfasern in der Zunge, Deutsche Klinik Mai 1857. S. 191“ und „Ueber die Epithelialzellen der Froschzunge, sowie über den Bau der Cylinder- und Flimmerepi-

thelien und ihr Verhältniss zum Bindegewebe, Müller's Archiv 1858. S. 159."

Leydig (Lehrbuch der Histologie S. 307) hatte gesehen, dass die Zellen, welche die Enden der Papillae fungiformes der Froschzunge überzogen, von einer anderen Natur waren, als die übrigen Zellen der Zunge, indem die Zellen am Rande der Papillen ihre Cilien und ihr helles Aussehen verloren und einen feinkörnigen Inhalt mit einem Stich in's Gelbliche bekamen.

Billroth fand, dass Nerven nur in die Papillae fungiformes aufstiegen, und dass die Nervenfasern dicht unter dem Epithel sich zuspitzten, ohne dass er eine Fortsetzung von diesem ihrem scheinbaren Ende sehen konnte. Beim Abheben des Epithels sah er doch einzelne blasse Fibrillen auf der Papillenoberfläche, und glaubte er, dass diese Fibrillen die Ausgangsenden der Muskel- und Nervenfasern wären. Die Zellen der oberen Enden der Papillen fand Billroth durch einen dunkleren Inhalt und dadurch von den übrigen deutlich unterschieden, dass sie fest sowohl an der Papille als an einander adhärirten, weshalb sie auch gewöhnlich im Znsammenhang sich ablösten und schwer zu isoliren waren. Billroth glaubte, dass diese Zellen in Zusammenhang mit den Nerven ständen. Er sagt: „bringt man diese Zellen aus einander, so erkennt man, dass die mittleren die kleinsten sind, und an dem unteren Ende eines gedrungenen Zellenkörpers einen etwas längeren Fortsatz tragen, der in ein kleines Knöpfchen auszugehen pflegt. Diese mittleren Zellen halte ich für die Endzellen der Nervenfasern, für terminale Ganglienzellen, die man jedoch nicht in Zusammenhang mit den Nervenfasern sehen kann, weil die übrigen Epithelialzellen nicht isolirt entfernt werden können, was eben so für die Riechzellen gilt."

Wenn auch die von Billroth ausgesprochene Vermuthung, dass diese Zellen in Verbindung mit den Nerven ständen, als wahrscheinlich betrachtet werden konnte, so waren doch Billroth's Beobachtungen zu wenig beweisend, um überzeugend sein zu können, und eine Analogie mit den Bildungen in der Regio olfactoria hatte Billroth nicht gefunden. In seiner

späteren Abhandlung spricht er sich auch selbst höchst zweifelnd über diesen Zusammenhang aus, den er blos als wahrscheinlich betrachtete, wenn sich die Beobachtungen über die Endigungen der Geruchsnerven weiter bestätigen sollten. In seinem letzten Aufsatze beschreibt jedoch Billroth die Epithelialzellen zum Theil richtiger. „Die Zellen hatten eine längliche Gestalt und einen den Zellenkörper fast ausfüllenden Kern. Nach der freien Oberfläche hatten sie theils verästelte, an ihren Enden leicht geknöpfte Fäden, theils stäbchenförmige Körper, theils trichterförmige membranöse Aufsätze. Nach den Papillen zu hatten sie einen Fortsatz, der in ein verästeltes, wurzelähnliches Gewebe ausging, durch welches die Zellen unter einander in Verbindung standen." Die verschiedenen Formen, glaubte Billroth, wären durch das Reagens bedingte Derivate einer Grundform, die er nicht bestimmen konnte.

Die interessanten Beobachtungen Billroth's sowohl über die Endigungen der Nerven, als über den Zusammenhang der Epithelialzellen mit der bindegewebigen Grundlage, so wie auch über die Endigung der verzweigten Muskeln in Bindegewebskörpern, waren in hohem Grade geeignet, zu weiteren Forschungen anregend zu wirken.

Fixsen, der durch dieselben zur Untersuchung der Froschzunge veranlasst wurde, verneint jede Verbindung zwischen den Nerven und dem Epithel (De linguae raninae textura. Dorpat 1857. p. 25). Nach ihm endigen die Nerven entweder stumpf oder stumpfspitzig, oder ein wenig kolbenförmig angeschwollen. Die Zellen der Papillenenden trennten sich von den übrigen nur durch kürzere Fortsätze, und die gelbliche Färbung rührte von den in den unterliegenden Gefässen durchschimmernden Blutkörperchen her.

Hoyer (Mikroskopische Untersuchungen über die Zunge des Frosches. Müller's Archiv 1859. S. 481), der die sämmtlichen Beobachtungen Billroth's sammt den daraus gezogenen Consequenzen angegriffen hat, glaubt mit so völliger Sicherheit die Endigungsweise der Nerven in den Papillen der Froschzunge festgestellt zu haben, dass davon Consequenzen für die Endigungsweise anderer Nerven zu ziehen wären. Nach ihm

endigt der in eine Papille aufsteigende Nervenast in kurzem Abstand vom Epithel, davon getrennt durch eine Lage Bindegewebe, „mit einem etwas gewölbten, scharf begrenzten Ende, in welchem die cylindrischen Enden der Nervenfasern dicht neben einander liegen, und sich wie eine aus rundlichen Körperchen gebildete Platte darstellen.“

Andere Beobachter haben gesehen, dass die Nervenfasern vor ihrer Endigung sich ausbreiten, aber dies Verhältniss erklärt Hoyer als ein Kunstproduct, erzeugt durch den Druck des Deckgläschens. Dass Hoyer, wie er sagt, nach immer und immer wiederholten Beobachtungen zu diesen Resultaten gekommen ist, scheint mir sehr auffallend. Seine Beschreibung wie seine Abbildung stellen nämlich einen optischen Querschnitt des Nerven dar, wie man solchen so leicht an jedem feineren Nerven bekommt bei fast jeder Biegung desselben, und der gerade hier so leicht entsteht durch das Auseinanderweichen oder die Biegung der Fasern. Hat man ein günstiges Object vor sich, so braucht man im Allgemeinen nur den Focus abzuändern, um zu sehen, dass die Nervenfasern weiter gehen, und um die von Hoyer festgestellte Endigung als eine grobe Täuschung darzustellen. Wie oberflächlich Hoyer's Untersuchungen gewesen sein müssen, geht ohnedem daraus hervor, dass er sagt, dass die Nervenfasern in den Papillenästen einfach conturirt sind, während sie in der That, wie alle anderen Beobachter es gesehen haben, sehr deutlich doppelt conturirt sind, und zum grossen Theil ihre doppelten Conturen noch über die Stelle hinaus behalten, wo Hoyer glaubt, dass sie endigen. Uebrigens sind gerade optische wie mechanische Querschnitte gut geeignet, ihre doppelten Conturen zu zeigen. Was das Epithelium auf dem Papillenende betrifft, so lässt Hoyer es nur aus einem einfachen Lager von Cylinderzellen bestehen, welche sich in ihrer Form von den übrigen nur dadurch unterscheiden sollen, dass sie bedeutend schmäler und mit einem längeren und schmäleren Fortsatz, der nicht verzweigt ist, versehen sind. Die von Billroth beschriebenen Formen hatte er wohl gesehen, aber er meint, sie seien theils durch

Schrumpfung, theils durch Uebereinanderliegen der Zellen hervorgebracht.[1])

In der letzten Zeit hat Krause (Anatom. Untersuchungen. Hannover 1861. S. 55) die Nervenendigungen in den Papillen der Froschzunge zu verfolgen gesucht, und hat dabei zuweilen eine feine Fortsetzung der Nervenfibrille über das scheinbar abgestumpfte Ende wahrnehmen können, aber er glaubt, die Froschzunge sei kein geeignetes Object, um die zu vermuthenden Endapparate vom Geschmacksnerven aufzusuchen.

Max Schultze, der sich von den Eigenthümlichkeiten des Epithels über den Nervenenden in den Papillen überzeugt hatte, und der in dem Aussehen und den allgemeinen Verhältnissen dieses Epithels viele Aehnlichkeiten mit den Verhältnissen in der Regio olfactoria sah, schlug mir vor, während ich bei ihm

---

1) Obgleich es nicht meine Absicht ist, in diesem kleinen Aufsatze auf die Verhältnisse des Epithels zum Bindegewebe in der Froschzunge näher einzugehen, kann ich im Interesse der Sache, da Hoyer's Angriffe gegen Billroth noch nicht zurückgewiesen worden sind, es doch nicht unterlassen, meine Verwunderung darüber zu äussern, dass Hoyer nicht wenigstens an den Enden der Papillae filiformes, die in das Substrat hineingehenden Zellenfortsätze hat sehen können, und dass er sich nicht vom Vorhandensein von Spindelzellen zwischen den völlig ausgebildeten Epithelialzellen hat überzeugen können, Verhältnisse, von welchen ein Jeder sich überzeugen dürfte, der denselben specielle Studien widmet.

Was die Endigung der Muskeln in Bindegewebskörpern betrifft, so scheint Hoyer diese wirklich gesehen zu haben, da er sagt, dass er sich von der Richtigkeit der Behauptung Billroth's überzeugt hätte, dass die Muskelfasern schliesslich in feinste faserige Aeste zerfallen, in welche den Bindegewebskörpern ähnliche Zellen enthalten sind" (op. cit. p. 494) und soweit ich es sehen kann, hat er auch in seiner Fig. I. auf einigen Stellen den Uebergang von diesen Fasern in Körper abgebildet, die in Aussehen und Feinheit ihrer Ausläufer mit den übrigen von ihm abgebildeten Bindegewebskörpern übereinstimmen, aber er sucht diese Beobachtung weg zu raisonniren, und sagt gefunden zu haben, dass auch die feinsten Aeste contractile Muskelsubstanz enthalten.

Von der Richtigkeit der auf diesen Punkt bezüglichen Angaben Billroth's habe ich mich wiederholte Male überzeugt.

in dem letzten Sommer arbeitete, eine nähere Untersuchung dieser Bildungen vorzunehmen. Da ich fortwährend unter Schultze's Leitung arbeitete, er mir dabei seine Untersuchungsmethoden angab und die Güte hatte, meine Aufmerksamkeit auf ähnliche Bildungen in anderen Organen zu lenken und mir das Material für vergleichende Untersuchungen zu liefern, so ist unter solchen Umständen mein eigenes Verdienst um die gewonnenen Resultate höchstens das einiger Geduld und Ausdauer, welche so feine Untersuchungen immer in Anspruch nehmen.

Das Epithel. Die Seiten und die oberen Ränder der cylindrischen, gegen ihre Enden anschwellenden Papillae fungiformes werden von cilientragenden Cylinderzellen bekleidet, welche in ihrer Natur und ihrem Aussehen mit den übrigen Epithelialzellen der Oberfläche der Froschzunge übereinstimmen. An den Basen und unteren Theilen der Papillen stehen diese Zellen in einem einfachen Lager und grenzen sich ziemlich scharf gegen die Unterlage ab. Näher den Enden der Papillen dagegen liegen mehrere Spindelzellen zwischen die übrigen hineingeschoben und an dem Rande selbst sind diese Spindelzellen sehr zahlreich vorhanden. Die Zellen tragen hier auch im Allgemeinen lange Fortsätze, die in die bindegewebige Grundlage hineinlaufen.

Rings um die wie quer abgeschnittenen Papillenenden bildet dies Epithel einen Kranz von cilientragenden Zellen, gegen welche das mehrerwähnte eigenthümliche, cilienlose Epithel, welches von diesem Kranz eingefasst wird, und den übrigen Theil des Papillenendes bekleidet, sich scharf abgrenzt (S. Fig. 1 u. 4). Untersucht man dies Epithel frisch in Humor aqueus, so zeichnet es sich, ausserdem dass es cilienlos ist, durch seine gelbliche Färbung und feinkörnigeren, eine geringere Durchsichtigkeit bedingenden Zelleninhalt mit zerstreuten gröberen glänzenden Körnern aus, wozu noch kommt, dass die Grenzen seiner einzelnen Elemente weit undeutlicher und unvollständiger hervortreten, als die der Elemente des umgebenden Epithels. Sieht man dies Epithel dabei von der Seite her, so

findet man auch bei dieser Untersuchungsmethode, dass es gleichsam aus zwei Abtheilungen besteht, einer äusseren, worin cylindrische Zellenkörper, und einer inneren, worin mehrere kernähnliche Bildungen mehr oder minder deutlich hervortreten. Nachdem das Präparat einige Stunden in Humor aqueus gelegen hat, treten im Allgemeinen die Zellenconturen deutlicher hervor, und man kann dann oft bei genauer Beobachtung Ausläufer sehen, die von den Zellenkörpern verlaufen und an der Grenze der Unterlage in mehrere Aeste zerfallen (Fig. 1).

Um dies Epithel näher studiren zu können, muss man es indessen von dem übrigen Epithel isoliren und es in seine einzelnen Elemente zerlegen, was viele Schwierigkeiten macht. Bei allen den Präparationsmethoden, bei welchen die Zunge erhärtet wird, um feine Schnitte davon machen zu können, werden die Elemente des Epithels so verändert, dass man über ihren wirklichen Bau kein sicheres Urtheil bekommen kann, so bei der Erhärtung in stärkeren Lösungen von Chromsäure, in Alkohol oder Holzessig, wie beim Trocknen der Zunge. Die einzigen von den von mir angewendeten Untersuchungsmethoden, bei welchen die Elemente gut erhalten und auch leichter isolirbar werden, sind Macerationen in sehr dünnen Lösungen von Chromsäure ($^1/_4$—$^1/_6$ Gran auf die Unze Wasser, wie M. Schultze sie braucht) oder in stärkeren Lösungen von Kali bichromicum, wovon ein Concentrationsgrad von 4 Gran auf die Unze am zweckmässigsten scheint. Bei Anwendung der Chromsäurelösungen muss man schon in den ersten Tagen untersuchen, bei Anwendung von Kali bichromicum kann man damit länger warten.

Bereitet man sich von einer auf diese Weise behandelten Zunge Querschnitte mit einer Scheere und pinselt das Epithel ab, so löst sich das übrige Epithel ziemlich vollständig ab, wobei dessen einzelne Elemente auseinander fallen oder nur in kleineren Gruppen an einander haften bleiben, während das eigenthümliche Epithel der breiten Papillenenden im Allgemeinen fest sitzen bleibt, wie Billroth sagt wie „eine Krone den Papillen aufsitzend". Ist es gelungen das übrige Epithel

wegzuschaffen, so sieht man, dass diese Epithelialkrone auf einem erhöhten Plateau des Papillenendes sitzt. Rings um dieses Plateau läuft in dem Rande der Papille eine Einschnürung oder eine Furche in der bindegewebigen Grundlage. In dieser Furche haben die cilientragenden Randzellen ihre Befestigung, und gewöhnlich bleiben da nach der Abpinselung noch mehrere Spindelzellen haften (Fig. 2 u. 3).

Lässt man verdünnte Natronlauge auf eine ähnliche Papille einwirken, so findet man, dass der central aufsteigende Nervenast in einem kurzen Abstande von der Oberfläche sich mit seinem Neurilem schalenförmig erweitert, und dass diese schalenförmige Erweiterung des Nerven mit ihrem oberen Theil dieselbe Ausdehnung hat, wie das eigenthümliche Epithel und gerade das Plateau bildet, auf welchem dies Epithelium wurzelt (Figg. 3 u. 4). Auf diese Weise hat das eigenthümliche Epithel der Papillenenden die erweiterte Nervenhülle selbst als Substrat und verdient wohl schon dadurch den Namen Nervenepithel, während der rings umgebende Kranz von gewöhnlichen Epithelialzellen seine Befestigung in der umgebenden Furche hat, mit gewöhnlichem Bindegewebe als Substrat.

Das Zerlegen des Epithels in dessen einzelne Elemente ist mir auf eine befriedigende Weise nur durch eine ziemlich mühsame Präparation mit feinen Nadeln unter einem Dissectionsmikroskop gelungen. Nachdem ich das übrige Epithel so vollständig wie möglich weggeschafft hatte, sammelte ich dabei eine grössere Menge breiter Papillen für sich auf einem Objectglas auf und zerzupfte dann weiter das Nervenepithel.

Die cellulären Elemente in diesem Epithel sind, gleichwie in der Regio olfactoria, von zwei verschiedenen Arten, nämlich modificirte Epithelialzellen, die nicht in Zusammenhang mit den Nerven stehen, und dazwischen eingelagerte eigenthümliche celluläre Bildungen, die nervöse Endbildungen sind. Die modificirten Epithelialzellen stehen in einer einfachen Lage und bestehen aus cylindrischen Zellenkörpern, die fast in gleicher Höhe mit einander in verschmälerte Fortsätze übergehen, welche nach der von der Nervenschale gebildeten Grundlage fortlaufen, und hier oder schon etwas früher in mehrere Zweige sich ver-

ästeln, die mit einander anastomosiren, hie und da deutliche Kerne enthalten, und über der ganzen Oberfläche des Substrates ein zusammenhängendes Netzwerk bilden (Fig. 9). Durch quere Verbindungsfäden stehen die Fortsätze oft mit einander in Verbindung, schon bevor sie sich in ihre Endzweige auflösen. Unmittelbar bevor der Zellenkörper in seinen Fortsatz übergeht, hat er oft eine kleine Erweiterung, und enthält da einen runden, homogen aussehenden Kern mit einem glänzenden Kernkörper. Der Zelleninhalt selbst zeigt sich, wie vorher bemerkt wurde, frisch in Humor aqueus, schwach gelblich gefärbt und sehr feinkörnig mit zerstreuten grösseren Körnern. Nach Einwirkung von Chromsäure oder Kali bichromicum zeigen sich die Körner oft wie in Reihen angeordnet, mit etwas helleren Zwischenreihen. An ihrem oberen Ende besitzen diese Zellen nicht, wie Cylinderzellen im Allgemeinen, einen breiten hellen Begrenzungssaum, sondern scheinen, wie es M. Schultze auch an den Zellen in der Regio olfactoria beobachtet hat, nur von einer äusserst dünnen Membran abgegrenzt zu sein, wenn überhaupt irgend eine Membran hier vorhanden ist. Nach Behandlung mit Chromsäurelösungen scheint das obere Ende oft wie zusammengefallen, als ob der obere Theil des Zelleninhaltes herausgetreten wäre. Frisch in Humor aqueus untersucht und schräg von oben gesehen zeigen sich die Zellenenden etwas gewölbt und die Zellen selbst in ihrem oberen Theile sechseckig und von einer feinen hyalinen Zwischensubstanz zusammengehalten. Nach Einwirkung von Chromsäure sieht man nichts mehr von dieser Zwischensubstanz.

Zwischen den Fortsätzen der Epithelialzellen liegen in verschiedener Höhe eine Menge von eigenthümlichen cellulären Bildungen, die in der Form wie im Aussehen und in ihren Verhältnissen zu Reagentien mit den Riechzellen in der Regio olfactoria und mit den Hörzellen in den Ampullen übereinstimmen. Sie bestehen aus einem rundlichen oder mehr elliptischen Zellenkörper mit einem peripherischen und einem centralen Ausläufer. Der glänzende Zellenkörper selbst wird fast völlig von einem rundlichen Kern mit einem glänzenden Kern-

körper eingenommen. Der peripherische Fortsatz ist stäbchenförmig, glänzend und läuft zwischen den Körpern der Epithelialzellen gegen die freie Oberfläche des Epithels, welche ein grosser Theil von diesen Fortsätzen erreicht, während andere schon etwas früher aufzuhören scheinen. An ihren Enden sind die Fortsätze oft ein wenig knopfförmig angeschwollen, und nach Behandlung mit dünnen Lösungen von Chromsäure oder mit Kali bichromicum findet man oft auf dem Ende eine feine dunklere haarförmige Bildung, die wie aus dem Centrum des Fortsatzes herauszugehen scheint (Fig. 11). Dass diese Bildungen im frischen Zustande vorhanden sind, ist allerdings schwer bestimmt zu behaupten, so lange man nicht bei Untersuchungen in Humor aqueus dieselben gesehen hat, und es wäre möglich, dass sie vom Reagens hervorgebracht wären entweder durch Schrumpfung des Endes des Fortsatzes oder durch Hervorquellung aus dessen Inneren; aber in Betracht, dass diese Bildungen am häufigsten sich zeigten, wenn die feinsten Elemente im Allgemeinen am besten erhalten waren, so halte ich es für wahrscheinlich, dass sie normal vorkommende Bildungen seien. Dass sie aber nicht im frischen Zustande über die Oberfläche des Epithels hervorragen, davon glaube ich mich durch Untersuchungen in Humor aqueus völlig überzeugt zu haben. Dagegen scheint mir ihre Bedeutung darin zu liegen, dass sie Verlängerungen von den peripherischen Fortsätzen sind, welche in ganzer Dicke die Oberfläche nicht erreichen. Dafür spricht, dass ich sie am häufigsten an kürzeren Fortsätzen gesehen habe, und einmal habe ich einen Stäbchenfortsatz gesehen, der an der Mitte eines Epithelialzellenkörpers aufhörte, von dessen Ende aber ein feines Haar bis an das obere Ende des Zellenkörpers fortlief (Fig. 7 b). Ob diese haarähnlichen Bildungen Fortsetzungen von einer centralen Bildung in den Stäbchenfortsätzen seien, ist eine andere Frage, die von grossem Interesse ist, aber die ich nicht zu entscheiden vermag, da ich nicht eine centrale Bildung direct habe beobachten können. Einige Male habe ich wohl im Inneren dieser Fortsätze einen dunkleren, von helleren Zwischenräumen unterbrochenen Inhalt gesehen (Fig.

11 g.), wie man es schon mehrfach in den Retinastäbchen beobachtet hat, und wie ich es auch sowohl in den Stäbchen der Retina des Menschen und von *Perca*, als auch in den peripherischen Fortsätzen der Riechzellen des Frosches gesehen habe, aber auf eine praeexistirende centrale Bildung lassen diese Erscheinungen nicht sicher schliessen, da sie durch das Reagens hervorgerufene Coagulationserscheinungen sein können. Wenn sie aber hier auch nicht als Beweis für eine praeexistirende centrale Bildung gelten können, so zeigen sie doch eine gewisse Uebereinstimmung im Bau und in der Zusammensetzung von den genannten verschiedenen Elementen, was von Interesse ist.

Bildungen, welche mit den von M. Schultze in der Regio olfactoria des Frosches und auf der Crista acustica der Fische gefundenen langen steifen, aus dem Epithel weit hervorragenden Haaren völlig übereinstimmen sind nicht vorhanden. Nach Behandlung der Zunge mit dünnen Chromsäurelösungen findet man oft die stäbchenförmigen Fortsätze mit ihren Enden selbst länger oder kürzer herausgeschoben, bisweilen auch mit varicösen Anschwellungen versehen, aber im frischen Zustande ragen sie nie über die Oberfläche des Epithels hinaus.

An der Oberfläche des Epithels wird von den Epithelialzellenenden und den Enden der stäbchenförmigen Fortsätze ein Mosaik gebildet, das noch schwerer aufzufassen ist, als an anderen ähnlichen Organen. Um dieses Mosaik zu sehen, scheint mir die Untersuchung in Humor aqueus nicht so vortheilhaft, weil die tiefer liegenden Theile zu stark durchschimmern und die scharfe Auffassung der Oberfläche beeinträchtigen. Bestimmter tritt das Mosaik hervor nach Behandlung mit Kali bichromicum und besonders nach sehr kurzer Einwirkung von dünner Natronlauge. Die Enden der Stäbchenfortsätze treten zwischen den sechseckigen oder nach Quellung mehr rundlichen Zellenenden als sehr kleine Ringe hervor. Betrachtet man die Oberfläche schräg, so kann man oft von diesen Enden die Fäden selbst länger oder kürzer einwärts verfolgen. Sie stehen zerstreut in einfachen Reihen zwischen den Zellen, nur hie und da in kleinen Gruppen zusammen, und in der Mitte etwas dichter als an der Peripherie (Fig. 6).

Die Stäbchenfortsätze gehen entweder allmählig sich erweiternd in ihre Zellenkörper über, oder der Uebergang ist mehr plötzlich; auch, — was ich nur ein paar Mal gesehen habe, — verschmälert sich der Fortsatz zu einem sehr feinen Faden, der in den Zellenkörper übergeht.

Der centrale Fortsatz des Zellenkörpers ist ein äusserst feiner Faden, der gegen die Nervenschale verläuft und mit regelmässigen Varicositäten versehen ist. Sowohl im Aussehen als in den Eigenschaften stimmen diese Fäden mit den centralen Fortsätzen der Riechzellen oder mit feinsten varicösen Nervenfasern überein. Wie diese halten sie sich nur in bestimmten Concentrationsgraden der Chromsäure oder, wie 'es scheint, fast noch besser in Lösungen von Kali bichromicum (4 Gr. auf die Unze am besten), und nur mit guten Linsen sind sie deutlich zu sehen.

Durch die Lagerung der geschilderten Elemente übereinander werden, wie vorher bemerkt wurde, zwei Abtheilungen in dem Epithel gebildet, nämlich eine äussere oberflächliche, worin die Körper der Epithelialzellen und die Stäbchenfortsätze der Faserzellen stehen, und eine innere, worin die Ausläufer der Epithelialzellen und die Zellenkörper der varicösen Faserzellen sich befinden. Die beiden Abtheilungen könnten versuchsweise mit der Stäbchenschicht und der äusseren Körnerschicht in der Retina verglichen werden.

Die Grenze zwischen den beiden Schichten ist wohl nicht durch eine bestimmte Membran bezeichet wie in der Retina durch die Membrana limitans externa, aber in der inneren Schicht liegen die Elemente in einer feinen Zwischensubstanz eingebettet, welche nach Einwirkung von dünnen Chromsäurelösungen ein feinkörniges Aussehen mit helleren sich vielfach verzweigenden und mit einander sich verbindenden Fäden zeigt (Fig. 7 und 8). Seitliche Ausläufer von den Epithelialzellen-Fortsätzen gehen theils in diese Fäden über, theils lösen sie sich direct in die Zwischensubstanz auf. An der Grenze zwischen den beiden Schichten hört die Zwischensubstanz auf, ohne eine bestimmte Begrenzungsmembran zu haben. Jene kommt am besten zum Vorschein bei Zerzupfung nach Mace-

ration in den dünnen Chromsäurelösungen, und Untersuchung ohne alle Reagentien, wie man im Allgemeinen bei der Untersuchung des Epithels alle Reagentien zu vermeiden hat, und am besten in derselben Flüssigkeit untersucht, worin die Zunge aufbewahrt gewesen ist.

Die Nerven. Um Gewissheit darüber zu bekommen, dass die centralen varicösen Ausläufer der Stäbchenzellen in Verbindung mit den Nervenfasern stehen, war es nothwendig, wie viele Analogieen und andere Verhältnisse auch dafür sprachen, wenigstens den Uebergang der Nervenfasern selbst in ähnliche varicöse Fasern zu sehen und, wenn möglich, auch den Zusammenhang direct zu beobachten.

Wie vorher bemerkt wurde, steigt in der Mitte von einer jeden der breiten Papillen ein Nervenstamm, von seinem Neurilem umgeben, in die Höhe, und geht an dem Ende der Papillen in eine schalenförmige Erweiterung über, auf welcher das geschilderte Epithel wurzelt. Ein jeder von diesen Nervenstämmen enthält ungefähr zehn doppelt conturirte Nervenfasern. Das Neurilem ist äusserst durchsichtig und tritt erst nach Behandlung mit Säuren oder Alkalien deutlich hervor, und zeigt dann ein glänzendes Aussehen und in ziemlich grosser Zahl eingestreute Kerne. An optischen Querschnitten zeigt es oft sehr deutlich, besonders nach stärkerer Einwirkung von Essigsäure, eine doppelt conturirte membranähnliche Begrenzung gegen das umgebende Bindegewebe. Das Neurilem bildet die Grundmasse der Nervenschale und es hat hier eine sehr schwache gelbliche Färbung, und nähert sich dadurch in seinem Aussehen der Zwischensubstanz in den Knorpeln. In seiner Widerstandsfähigkeit gegen Säuren und Alkalien nähert es sich dem elastischen Gewebe. Macerirt man ein Präparat stark in Essigsäure, so quillt die Nervenschale fast gar nicht auf, während das eigentliche Bindegewebe der Papillen oft so bedeutend aufquillt, dass die Papille im Ganzen nur eine conische Erhöhung bildet, an deren Spitze dann die wenig veränderte Nervenschale sitzt. Von Interesse ist in dieser Hinsicht, dass die Epithelialzellen selbst in dem Nervenepithel auch eine grössere Widerstandsfähigkeit gegen Essigsäure zeigen, und oft in

mehr oder minder veränderten Formen an der Nervenschale haften bleiben, lange nachdem die übrigen Epithelialzellen von der Säure aufgelöst worden sind.

Das Studium der feineren Verhältnisse der Nervenfasern in der Nervenschale wird in hohem Grade dadurch erschwert, dass 8 bis 12 Muskelfasern in jeder Papille rings um den Nervenstamm aufsteigen, und nachdem sie im Allgemeinen ungetheilt bis in die Nähe des Endes verliefen, sich hier in mehrere feine Zweige theilen, die rings um die Nervenschale sich ausbreiten (Fig. 2). Auch durch die Gefässschlinge, welche in ihrer einfachsten Form einen Kranz um die Nervenschale bildet (Fig. 3 d), wird die Deutlichkeit sehr beeinträchtigt. Dieser Verhältnisse ungeachtet ist doch die Untersuchung der ungetheilten Papillen in Humor aqueus lohnend. Man kann bei derselben bei günstigen Lagerungen der Papillen sehen, dass die Nervenfasern von einander divergiren, und dass da, wo die Nervenfasern sich zuspitzen und scheinbar enden, ein feiner heller Faden von dem scheinbaren Ende fortläuft als Fortsatz des Axencylinders. Einen Theil der Fasern sieht man in queren oder schrägen Durchschnitten. In dem obersten Theil der Schale treten gewöhnlich eine Menge glänzender Körner hervor, die bisweilen in Reihen angeordnet zu sein scheinen (Fig. 1 c.).

Feine Längsschnitte der Papillen können wohl in vielen Beziehungen belehrend sein, besonders von in Alkohol oder in Kali bichromicum erhärteten Zungen, aber völlig überzeugende Präparate über die feineren Verhältnisse der Nervenenden habe ich nur durch Zerzupfung unter dem Mikroskop gewinnen können. Ich habe dabei erst so vollständig wie möglich das umgebende Gewebe mit Muskeln und Gefässen weggeschafft, und nachdem ich so den Nervenstamm mit dessen schalenförmiger Erweiterung und das darauf stehende Epithel isolirt hatte (was allerdings nicht vollständig gelingt, da besonders die Muskeln sehr schwer sich ganz entfernen lassen), habe ich mehrere solche Papillen gesammelt und das Nervenende im Zusammenhang mit dem Epithel weiter zerlegt. Präparate von mit Kali bichromicum behandelten Zungen haben sich als die besten ge-

zeigt. Nach kurzer Einwirkung von dünner Essigsäure treten die nervösen Elemente in der Nervenschale gewöhnlich deutlicher hervor.

Einige von den doppelt conturirten Nervenfasern verlieren, sobald sie in die Nervenschale eintreten, ihre Markscheide und Schwann'sche Scheide und setzen sich als nackte Axencylinder fort. Andere dagegen behalten ihre doppelten Conturen bis in die Nähe des Epithels, wo sie sich dann plötzlich zuspitzen und in nackte Axencylinder übergehen. In dem allerobersten Theil der Nervenschale sind keine doppelt conturirte Fasern mehr zu sehen. Die tiefer oder höher entstandenen Axencylinder verlaufen alle gerade oder schräg gegen das Epithel und dabei können sie sich ein- oder, wie ich es ein paar Mal gesehen zu haben glaube, auch zweimal theilen. Dass nicht alle Axencylinder schon in der Nervenschale sich theilen, davon habe ich mich, wie ich glaube, völlig überzeugt. Ein Theil von den Axencylindern zerfallen schon in der Nervenschale in eine Zahl feinster varicöser Fäden, die völlig mit den centralen Ausläufern der Faserzellen übereinstimmen. In den Fällen, wo ich mit völliger Deutlichkeit diesen Uebergang in varicöse Fäden habe sehen können, hatten die Axencylinder unmittelbar vorher sich gabelförmig getheilt (Fig. 5). Die feinen varicösen Nervenfäden sowohl, wie die Axencylinder, welche nicht schon in der Nervenschale in solche Fäden sich getheilt haben, treten alle in die innere Abtheilung des Epithels hinein (Fig. 4).

Dass die varicösen Fäden mit den centralen Ausläufern der Faserzellen sich verbinden, daran kann man nicht zweifeln, wenn man sich von der völligen Uebereinstimmung im Aussehen und in den chemischen Eigenschaften dieser Bildungen überzeugt hat, und durch einen glücklichen Zufall konnte ich das erste Mal, als ich deutlich den Zerfall eines Axencylinders in varicöse Fäden sah, auch direct beobachten, wie einer von diesen Fäden in eine varicöse Faserzelle überging (Fig. 5).

Was die Axencylinder betrifft, die ungetheilt in das Epithel hineinlaufen, so ist es mir niemals auf eine völlig befriedigende Weise gelungen, ihren Uebergang in varicöse Fäden direct zu

sehen, aber einmal habe ich eine Faserzelle gesehen, die direct auf dem Ende solch eines Axencylinders sass. Der Axencylinder sandte dabei zwei kurze Endzweige nach den Seiten, die vielleicht in varicöse Fäden übergingen (Fig. 7 a). Bei vorsichtigem Abtrennen des Epithels von der Grundlage sah ich öfter kurz abgerissene Enden von Axencylindern über die Oberfläche herausragen, aber immer erschienen diese wie quer abgerissen und ungetheilt (Fig. 3). Einige Mal habe ich Fäden gesehen, die wie aus der bindegewebigen Grundlage ausgezogen an dem abgetrennten Epithel anhafteten und in ihrem Aussehen so sehr mit Axencylindern übereinstimmten, dass sie dafür gehalten werden konnten, aber die mit ein oder auch mit zwei kernhaltigen Erweiterungen versehen waren, was ich doch nie an Axencylindern in der Nervenschale selbst habe sehen können.

Aus dem Mitgetheilten geht hervor, dass die Nerven in den breiten Papillen in der Froschzunge schliesslich in feinste varicöse Fäden übergehen, die als Endbildungen eigenthümliche celluläre Bildungen, die wohl den Namen Geschmackszellen verdienen, zwischen den Epithelialzallen an ihrem Ende tragen, in schönster Analogie mit dem, was schon vorher in anderen höheren Sinnesorganen nachgewiesen ist. Die Uebereinstimmung, die sich so herausgestellt hat, darf wohl auch als eine Controlle für die Richtigkeit der Resultate gelten.

Was die oben erwähnte eigenthümliche Bildung betrifft, dass das Nervenepithel an der oberen Fläche der breiten Zungenpapillen des Frosches auf einem Bindegewebe ruht, welches als Ausbreitung des Neurilems der Papillennerven aufzufassen ist, so steht auch diese Bildung wohl nicht so ganz allein da. Wenn man einen Vergleich mit der Retina machen darf, so ist auch da das Substrat der peripherischen Nervenendbildungen, das Bindegewebe der Retina, eine unmittelbare Fortsetzung des Neurilems; aber von besonderem Interesse ist das Verhältniss der Chorioidea zu dem Neurilem des Opticus. Löwig (Beiträge zur Morphologie des Auges, in den Studien des Physiologischen Instituts zu Breslau, herausgegeben von K. B. Rei-

chert, Leipzig 1858. S. 127) giebt richtig an, dass Lamellen von dem Neurilem des Opticus zur Verbindung mit der Chorioidea abgegeben werden; aber im Allgemeinen scheint es mir, dass diese Verhältnisse bisher nicht völlig richtig aufgefasst seien. Ich habe mich an feinen Schnitten, durch die Eintrittsstelle des Opticus, davon überzeugt, dass das Grundgewebe der Chorioidea eine unmittelbare Fortsetzung des eigentlichen Neurilems des Opticus ist. Hierdurch wird das Verhältniss der Chorioidea zu der Retina als peripherischem Endapparat des Sehnerven ein sehr inniges, wie denn der anatomische Zusammenhang beider Häute aus mehreren Thatsachen sehr deutlich hervorgeht. Ich erinnere nur an die Ora serrata und Pars ciliaris retinae und an das Pigmentepithel der Chorioidea, welches auch zur Retina gerechnet werden könnte. Eigenthümlich ist hier allerdings die umgekehrte Lage, in welcher die peripherischen Endbildungen, die Stäbchen und Zapfen, welche als Analogie der Epithelialbildungen in anderen Organen betrachtet werden könnten, sich zu der Chorioidea befinden, ein Verhältniss, worüber die Entwickelungsgeschichte wohl einige Aufklärung geben könnte. Dass bei den Cephalopoden (Heinr. Müller, Anatomisch-physiologische Untersuchungen über die Retina, Leipzig 1856. S. 102) das Verhältniss ein umgekehrtes ist, indem die Stäbchenschicht bei diesen Thieren nach innen liegt, und dass eine Pigmentlage bei demselben in der Retina selbst auftritt, ist von Interesse, da die Analogieen zwischen den Retinabildungen und den Bildungen in den anderen höheren Sinnesorganen hier deutlicher hervorzutreten scheinen. Eine nähere namentlich entwickelungsgeschichtliche Untersuchung über das Verhältniss von der Chorioidea zum Sehnerv und zur Retina wäre hier sicherlich sehr aufklärend.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Optischer Längsschnitt des oberen Endes einer Papilla fungiformis bei Untersuchung in Humor aqueus. a. Das cilienlose Nervenepithel mit undeutlich hervortretenden Elementen, aber doch eine äussere Abtheilung mit langgestreckten Zellenkörpern und eine innere mit rundlichen Elementen zeigend. b. Der umgebende Kranz von gewöhnlichen cilientragenden Epithelialzellen. Zwischen den ausgebildeten Zellen treten kleinere spindelförmige Zellen hervor. c. Die schalenförmige Erweiterung des oberen Endes des Nerven, worauf das Nervenepithel steht. Von den zugespitzten scheinbaren Enden der einzelnen Fasern sieht man die nackten Axencylinder gegen das Epithel fortlaufen. Einige Fasern sieht man im Querschnitt.

Fig. 2. Eine Papille nach Maceration in Kali bichromicum und vollständiger Abpinselung des Epithels und nach Färbung mit Karmin gezeichnet. Das Nervenepithel (a) ist vollständig haften geblieben, während die umgebenden cilientragenden Kranzzellen fast vollständig abgelöst sind. Nur bei (b) ist eine von diesen noch festsitzend. Die spindelförmigen Zwischenzellen oder Subepithelialzellen des Kranzepithels (c) sind zum grossen Theil zurückgeblieben und verhindern das deutliche Hervortreten von den nach innen befindlichen Bildungen. Central in der Papille steigt der Nervenstamm (d) mit seinem Neurilem empor und erweitert sich am oberen Ende der Papille in die von den Spindelzellen zum grössten Theil verdeckte Nervenschale. Um den Nervenstamm stehen die Muskelfasern, die am oberen Ende der Papille in mehrere Zweige zerfallen, welche rings um die Nervenschale sich ausbreiten. Die Gefässe u. s. w. sind in der Zeichnung weggelassen.

Fig. 3. Oberer Theil einer Papille nach vollständiger Abpinselung des Epithels. a. Das in Zusammenhang sich ablösende Nervenepithel. b. Der Nerv mit seiner schalenförmigen Enderweiterung. Man sieht einzelne Axencylinder aus der Nervenschale heraustreten, aber alle sind ziemlich dicht an der Oberfläche abgerissen. Bei c die Einschnürung oder Furche am Rande der Papille, worin das Kranzepithel seine Befestigung hat und, wo einige Spindelzellen noch haften. d. Die Gefässschlinge, so wie sie in ihrer einfachsten Form, einen horizontalen Kranz um die Nervenschale bildend, sich zeigt. Die übrigen Details sind weggelassen.

Fig. 4. Schematischer Längsschnitt einer Papille. Die Deutung der einzelnen Details geht aus den Erklärungen der übrigen Figuren hervor.

Fig. 5. Nach einem Zerzupfungspräparat gezeichnet, ebenso alle die nachfolgenden Figuren, mit Ausnahme der Figur 6. (a) Zwei Epithelialzellen aus dem Nervenepithel mit Geschmackszellen (b) zwischen ihren verzweigten Fortsätzen. (c) Der obere Theil einer Ner-

venfaser, der sich nach Verlauf seiner Markscheide als nackter Axencylinder fortsetzt. Nach gabeliger Theilung zerfällt der Axencylinder in mehrere varicöse Fäden, von denen man einen in eine Geschmackszelle übergehen sieht.

Fig. 6. Das Mosaik in der Mitte der Oberfläche des Nervenepithels nach Behandlung mit Kali bichromicum und nach kurzer Einwirkung von dünner Natronlauge. Zwischen den grösseren Ringen von den rundlich aufgeschwollenen, im frischen Zustande sechseckigen Enden der Epithelialzellen treten die kleinen Ringe der Stäbchenfortsätze der Geschmackszellen hervor.

Fig. 7. Epithelialzelle mit anhaftenden Geschmackszellen. Bei a sitzt eine Geschmackszelle direct auf einem Axencylinder an der Stelle, wo er sich gabelförmig theilt. b. Geschmackszelle, von dessen früh aufhörendem Stäbchenfortsatze sich ein feines Haar bis auf das obere Ende der Epithelialzelle fortsetzt. Zwischen den Geschmackszellen tritt die körnig aussehende Zwischensubstanz hervor.

Fig. 8. Drei Epithelialzellen, zwischen deren Fortsätzen, die sich mit einander verbinden, die körnige Zwischensubstanz deutlich hervortritt, in welche die hier zum grössten Theil weggefallenen Geschmackszellen eingebettet liegen.

Fig. 9. Eine kleine Gruppe von Epithelialzellen mit netzförmig sich mit einander verbindenden Fortsätzen. Bei a liegt ein Kern in einem von den Zweigen.

Fig. 10. Epithelialzellen mit anhaftenden Geschmackszellen von verschiedenen Formen und in verschiedenen Stellungen.

Fig. 11. Isolirte Geschmackszellen von verschiedenen Formen, nach Einwirkung von Kali bichromicum oder dünner Chromsäurelösung. Bei a, b, c tragen die kurzen Stäbchenfortsätze haarähnliche Verlängerungen; bei ç ist der Stäbchenfortsatz varicös angeschwollen; bei f ist der Fortsatz durch einen feinen haarähnlichen Faden mit dem Zellenkörper verbunden; bei g sieht man in dem Stäbchenfortsatz einen dunkleren, von helleren Zwischenräumen unterbrochenen Inhalt.

Die Figuren sind im Allgemeinen bei 350facher Vergrösserung, die Figuren 5 und 7 bei 420facher gezeichnet.

Beitrag zur Erledigung der Tonusfrage.

Von

Dr. Ludimar Hermann in Berlin.

Im fünften Heft des Jahrgangs 1860 dieses Archivs sind im Auszug einige Beobachtungen von Brondgeest[1]) mitgetheilt, die den seit Heidenhain's Versuchen[2]) aufgegebenen Tonus der willkürlichen Muskeln wieder in seine alten Rechte einzusetzen scheinen. Die vorliegenden Beobachtungen sind durch vielfache Wiederholungen der Versuche vollkommen bestätigt worden.

Dennoch kann man, wie mir scheint, aus ihnen nicht auf ein Vorhandensein des Tonus schliessen, wenn man nicht mit einem Worte, das seit Jahren in der Physiologie eine ganz bestimmte Bedeutung angenommen hat, ein unberechtigtes Spie treiben will. Diese Bedeutung ist die namentlich durch Müller und Henle festgestellte: „eine continuirliche, unwillkürliche, vom Rückenmark abhängige, schwache Contraction sämmtlicher willkürlichen Muskeln.“ Im Nachfolgenden hoffe ich darzuthun, dass auf das von Brondgeest mitgetheilte Phänomen kaum ein einziges dieser Merkmale des „Tonus“ passt, dass also auch jetzt nichts zur Annahme einer Hypothese zwingt, die für durchgängig jetzt besser erklärte Erscheinungen aufgestellt wurde.[3])

---

1) Onderzoekingen over den tonus der willekeurige spieren. (Dissert.) Utrecht 1860.

2) Müller's Archiv 1856. S. 200 und Physiol. Studien. Berlin 1856. S. 1.

3) Bei dieser Gelegenheit sei es mir gestattet, eine in meiner Dissertation (De tono ac motu musculorum nonnulla. Berolini 1859.) aufgestellte Erklärung der Gesichtsverzerrung bei Facialislähmung kurz zu erwähnen, die ja lange eine Hauptstütze der Tonuslehre war. Ich wies direct nach, dass ein schwach belasteter Muskel nach einer Con-

Brondgeest hat bereits seinem „Tonus“ einen Zusatz gegeben, der die alte Vorstellung jedenfalls wesentlich modificirt, indem er einen „reflectorischen Tonus“ annahm, der an die Erhaltung der Sensibilität in dem betreffenden Körpertheil gebunden ist; denn die Durchschneidung der sensiblen Nervenwurzeln genügt ihn aufzuheben. Diese Modification erklärt zugleich zur Genüge den Widerspruch zwischen Brondgeest's und Heidenhain's, von ersterem mit gleichem Erfolg wiederholten Versuchen; denn Heidenhain experimentirte mit ganz isolirten, von der Haut entblössten Muskeln.[1])

Auffallend war bei dieser „reflectorischen“ Contraction das unverkennbare Uebergewicht der Beuger über die Strecker (beide Ausdrücke für den Fuss im vulgären Sinne verstanden), da sonst bekanntlich bei gleichzeitiger Contraction sämmtlicher Muskeln des Froschschenkels die Strecker das Uebergewicht haben; bei Reizung des Plexus sacralis, sowie bei den Reflexkrämpfen durch Opium- oder Strychninvergiftung tritt stets Streckung ein. Dieser bemerkenswerthe, wenn auch nicht allzu

---

traction nicht völlig zur früheren Länge zurückkehrt, und dass das Deficit noch grösser wird, wenn der Muskel von der Haut bedeckt ist. Contrahiren sich die Gesichtsmuskeln einer Seite allein (was übrigens im gesunden Zustande sehr selten ist), so ist die blosse Elasticität der anderen Gesichtshälfte nicht ausreichend, um die contrahirt gewesenen Muskeln ganz zur früheren Länge wieder auszudehnen, der Mund bleibt daher etwas nach ihrer Seite hin verschoben, wenn nicht eine Contraction der Muskeln der anderen Seite zu Hülfe kommt. Da diese nun bei einseitiger Lähmung ausbleibt, so hinterlässt die erste mimische Bewegung nach der Paralyse eine leichte Verzerrung, die durch die folgenden immer mehr zunimmt, noch ehe Atrophie der gelähmten Muskeln durch Veränderung der Elasticitätsverhältnisse ihren Einfluss geltend machen kann. Versuche an Kranken bestätigen diese Ansicht.

1) Mir scheint ausserdem ein Fehler in Heidenhain's Versuchen in den zu starken, freilich durch seine Methode gebotenen Belastungen zu liegen (10—20 Grm. bei Fröschen), denen gegenüber die schwache Contraction eines etwaigen Tonus sehr wohl verschwinden konnte Dies zeigt sich darin, dass die Anhängung von wenigen Grammes an jedes Bein eines Brondgeest'schen Präparates völlig genügt, den Unterschied zwischen beiden ganz aufzuheben. In der weiter unten angegebenen Methode ist der Fehler zu starker Belastung vermieden.

bedeutende Umstand machte mir zuerst die Brondgeest'sche Erklärung zweifelhaft und veranlasste mich, die Sache näher zu prüfen.

Der Brondgeest'sche Versuch belehrt nicht darüber, ob die Beuger wirklich ein Uebergewicht über die gleichzeitig contrahirten Strecker haben, oder ob jene ausschliesslich contrahirt sind, obwohl Brondgeest unbedenklich das erstere annimmt, ohne des zweiten auch nur zu erwähnen. Um darüber in's Klare zu kommen, untersuchte ich einen Hauptstreckmuskel[1]) des Beins, nämlich den Gastroknemius, auf seine Contraction. Ein für eine andere demnächst zu veröffentlichende Arbeit bestimmter Apparat, der dort genauer beschrieben werden wird, diente mit einer kleinen Abänderung zu diesem Versuche. Das Wesentliche ist, dass der Muskel das eine Ende eines sehr leicht beweglichen Hebels trägt; das Gewicht dieses Hebelarmes ist mittelst des anderen fast äquilibrirt, so dass der Muskel nur mit 4 Grm. belastet ist. Von oben her ist gegen den Muskelarm eine Platincontactschraube genau so eingestellt, dass die geringste Verlängerung des Muskels eine Kette öffnet; die Oeffnung lässt den Anker eines Elektromagneten losfahren und gegen eine Glocke schlagen. Der Plan des Versuches war, nach der Einstellung des Contacts die Nervenverbindung des Muskels mit dem Rückenmark aufzuheben und zu sehen, ob er sich dann verlängere, ob die Glocke ertöne. Da eine Verkürzung des Muskels durch die von oben her auf den Hebel wirkende Contactschraube unmöglich gemacht war, so musste jede Reizung des Nerven vermieden werden; denn diese hätte natürlich eine gewaltsame Dehnung des Muskels herbeigeführt, auf diese Weise seine natürliche Länge vermehrt, und so nachher eine Oeffnung des Contacts bewirkt. Deshalb konnte nicht durch einfache Durchschneidung der Nerv vom Rückenmark getrennt werden, sondern es bedurfte eines Mittels, den Nerven ohne Zuckung schnell leitungsunfähig zu machen. Ein solches Mittel wäre die Schliessung eines starken aufsteigenden constanten Stromes; allein da der Nerv oben und unten mit dem

1) In diesem Aufsatz stets in vulgärem Sinne.

Frosch in Verbindung steht, so ist wegen der dadurch bedingten Stromesschleifen die Schliessungszuckung unvermeidlich; auch das sogenannte Hineinschleichen in den Kreis einer starken Kette mittelst des Rheochords konnte die Zuckung nicht sicher beseitigen. Es wurde deshalb Zerstörung des Nerven durch Ammoniak angewandt, die sehr schnell und ohne Zuckung vor sich geht.[1]) Die Befestigung des Frosches geschah sehr sicher an den Oberschenkelknochen auf folgende Art: Durch einen kleinen Hautschnitt an der vorderen Oberschenkelfläche wurde durch Eingehen zwischen den Muskeln der Knochen an einer kleinen Stelle mit Leichtigkeit blosgelegt, ein schlingenförmig eingefädelter starker Seidenfaden mit einer krummen Nadel um ihn herumgeführt, und die Schlinge zugezogen; dies geschah an beiden Schenkeln. Der Frosch wurde nun auf ein verticales Brettchen aufgebunden (der Bauch dem Brett zugewandt) und die beiden Doppelfäden der Schlingen durch zwei Löcher gezogen, hinter dem Brett über einen Zapfen zusammengebunden, und mittels eines Knebelchens fest zusammengedreht. Die Oberschenkel werden so mit grosser Kraft unverrückbar an das Brett angezogen. — Da die Haut aus leicht begreiflichen Gründen möglichst geschont werden musste, so wurde nur die Achillessehne durch einen kleinen Hautschnitt hervorgezogen und der Haken eingesenkt, durch den sie den Hebel tragen sollte. — Der Plexus wurde vorsichtig von hinten her freigelegt, hervorgezogen, eine dünne Kautschukplatte

---

1) Eine ganz hübsche Modification des Brondgeest'schen Versuches hat man, wenn man den einen Nerven des aufgehängten geköpften Frosches auf die hier anzugebende Weise durch Ammoniak tödtet; man sieht dann das schwach gebeugte Bein ohne alle Zuckung allmählig zu der Stellung eines gelähmten herabsinken. — Allenfalls hätte ich meinen Zweck wohl durch Curare-Vergiftung erreichen können, doch wirkt dies zu langsam. — Ein höchst sonderbares Verfahren schlägt Wundt ein, dem es bei der Wiederholung der Heidenhain-schen Versuche ebenfalls darum zu thun ist, den Nerven ohne Zuckung leitungsunfähig zu machen; er durchschneidet ihn nämlich, nachdem er ihn so lange tetanisirt hat, dass die Durchschneidung keine Zuckung mehr bewirkt (!) (Wundt, die Lehre von der Muskelbewegung. Braunschweig 1858. S. 56 ff.).

unter ihm hindurchgeführt; auf dieser ritt eine grössere unten aufgeschlitzte; ihre beiden unteren Enden wurden in die Höhe geschlagen und zu einem Trichter vereinigt, an dessen Wand die Nervenschlinge lag.

Unmittelbar vor dem Versuche überzeugte ich mich, dass der Nerv durch die Präparation durchaus nicht gelitten hatte, das Bein reagirte nämlich auf Reize in der gewöhnlichen Weise. Darauf wurde der Hebel eingehängt, der Contact genau eingestellt und das Ammoniak mit einer Pipette auf den Nerven gebracht. Die Glocke ertönte auch nach längerem Warten nicht; also trat auch nicht die geringste Verlängerung des Muskels ein, denn schon eine äusserst kleine hätte die Kette öffnen müssen. Natürlich überzeugte ich mich, dass das Ammoniak das Nervenstück wirklich vollkommen getödtet hatte. Der mit allen Vorsichtsmaassregeln angestellte Versuch gab stets dasselbe Resultat. Uebrigens ist leicht einzusehen, dass jeder Fehler eher das Gegentheil, Oeffnung der Kette, Ertönen der Glocke hätte herbeiführen müssen.

Der Gastroknemius hat also an dem Brondgeest'schen Tonus jedenfalls keinen Antheil. Obgleich sich an anderen Muskeln des Beins der Versuch gehäufter Schwierigkeiten wegen nicht anstellen lässt, so glaube ich doch keinen sehr kühnen Sprung zu thun, wenn ich obige Behauptung auf alle Streckmuskeln, oder besser gesagt, auf alle Nichtbeugemuskeln ausdehne. Abgesehen von der Unwahrscheinlichkeit, dass gerade der Gastroknemius von einem allgemeinen Zustande der Muskeln sollte ausgeschlossen sein, spricht vielleicht auch noch folgender Versuch zu Gunsten dieser Ansicht. Rückt man nämlich mit dem Schnitt durch das Rückenmark immer weiter nach unten (hinten), bis man über die Engelhardt'schen Beugungscentra hinweg in den Bereich der Streckcentra gelangt ist, so sieht man nicht etwa die leicht gebeugte Stellung des Beins in eine gestreckte übergehen, sondern es hängt eben so schlaff herab, wie das gelähmte.

Im Brondgeest'schen Versuch ist also die leicht gebeugte Stellung des Beines nicht das Resultat eines Ueberwiegens der

Beuger über die Strecker, sondern das einer ausschliesslichen Contraction jener.

Eine Hauptvorstellung, die man stets vom Tonus gehabt hat, nämlich dass er ein gemeinsamer Zustand aller willkürlichen Muskeln sei, kommt also der Brondgeest'schen Contraction nicht zu.

Bevor wir nun ebenso die anderen Kennzeichen eines „Tonus" an unserem Phänomen suchen, wollen wir des eben Gewonnenen eingedenk sehen, ob denn die Brondgeest'sche Entdeckung, die Contraction der Beuger des Schenkels, wirklich neu ist. Durch die senkrechte Aufhängung des Frosches hat Brondgeest eine Kraft, die Schwere, in's Spiel gebracht, welche den Vortheil hat, durch ihre gleichmässige Einwirkung auf beide, den gelähmten und den unversehrten Schenkel, den Unterschied in beider Stellung präcis darzustellen, da sie auf jenen ausschliesslich, auf diesen ausser ihr noch andere Kräfte einwirken. Daneben hat sie aber die unvermeidliche Wirkung, dass sie durch Vermehrung der Belastung der contrahirten Muskeln ihre Verkürzung vermindert, dass also die Beugung des unversehrten Schenkels weniger eclatant ausfällt, als sie ohne den Einfluss der Schwere erscheinen würde. Entziehen wir daher die Schenkel dem Einfluss der Schwere, indem wir den Frosch in seine natürliche horizontale Lage bringen, so fällt das Brondgeest'sche Phänomen mit der alten längst bekannten Erscheinung zusammen, dass der hirnberaubte Frosch seine Hinterbeine ebenso wie der unverletzte angezogen hält (der gelähmte Schenkel verharrt natürlich in jeder ihm gegebenen Lage). Der Brondgeest'sche Fundamentalversuch ist daher nichts als diese bekannte Erscheinung, durch den Einfluss der Schwere weniger eclatant dargestellt, und dies Anziehen der Beine würde also ebenfalls eine Wirkung des Brondgeest'schen „Tonus" sein.

Wie verhält es sich nun mit dem zweiten Versuch, wo die Durchschneidung der sensiblen Wurzeln allein schon den „Tonus" aufhebt? Auch dies ist nichts Neues. Wer einmal den Bell'schen Versuch an einem sonst unversehrten Frosche angestellt hat, wird bemerkt haben, dass er das Bein, dessen hin-

tere Nervenwurzeln durchschnitten sind, dessen Bewegungen er also noch vollkommen beherrscht, meist wie ein gelähmtes in jeder Lage liegen lässt und beim Hüpfen nachschleppt, so dass man fast fürchtet, auch die vorderen Wurzeln verletzt zu haben, dass aber dann wieder plötzlich, namentlich bei Reizung des anderen noch sensiblen Beines, das unempfindliche wie das andere angezogen wird. Offenbar geht ihm in dem anästhetischen Schenkel das Gefühl der Unbequemlichkeit, kurz der beständige Trieb ab, der ihn sonst veranlasst, ihn anzuziehen; — er fühlt sein Bein nicht mehr und lässt es daher in Ruhe. Dieselbe Erscheinung tritt nun auch an dem hirnberaubten Frosche ein, und ganz entsprechend auch bei der Brondgeest'schen Aufhängung, also auch dies ist kaum als neu zu bezeichnen.

Gehen wir jetzt in unserem Vorhaben weiter, auch die übrigen Merkmale des Tonus an der Brondgeest'schen Contraction aufzusuchen. Ist diese Contraction continuirlich, wie man es doch von jeder „tonischen" voraussetzt? Bei dem aufgehängten Frosche sehen wir allerdings eine continuirliche Beugestellung des unversehrten Schenkels; wie aber ist es mit dem horizontal liegenden, dessen Schenkelanziehung ja durchaus nach Obigem der Beugung des aufgehängten entspricht? Sollen wir auch diese Anziehung als Tonus bezeichnen, so müssen natürlich die Beugemuskeln in beständiger Contraction gedacht werden; der Frosch muss seine Schenkel mit fortwährend gespannten Muskeln gleichsam activ angezogen halten. Dass dem aber nicht so ist, dass der einmal angezogene Schenkel fortan ganz passiv mit erschlafften Muskeln liegen bleibt, wird wohl kaum Jemand bezweifeln. Abgesehen davon, dass jene Annahme etwas ganz Unnatürliches ist, kann man sich auch durch den Versuch vom Gegentheil überzeugen. Liegt der Frosch auf einer Porzellanplatte, so kann man ihm, wenn man nur leise, gleichsam verstohlen, zu Werke geht, am besten mit einem Glasstabe den Schenkel ohne allen Widerstand vollkommen abziehen, und er bleibt dann ruhig gestreckt eine Zeit lang liegen; gewöhnlich zieht ihn dann der Frosch nach einer Weile schnell oder langsam wieder an, und man

kann bei Vollendung dieser Bewegung den Schenkel wieder erschlaffen sehen. Wo bleibt der Tonus, während das Bein ruhig gestreckt liegt? Oder will man die geringe Reibung der glatten Haut auf der glatten Platte beschuldigen? So lege man den Frosch auf Quecksilber, wo ganz dasselbe erfolgt; und übrigens widerspricht dem die Wiederanziehung trotz der Reibung. Wie dem gegenüber die continuirliche Beugung beim aufgehängten Frosche zu erklären ist, wird sich weiter unten ergeben. Gerade dieser Widerspruch spricht zu Gunsten einer anderen, demnächst darzulegenden Ansicht.

Nach dem Vorhergehenden scheint es mir völlig ungerechtfertigt, eine Contraction einer gewissen Muskelgruppe für sich, die nur in einer bestimmten (unnatürlichen) Stellung vorhanden ist, in der natürlichen aber gänzlich fehlt, „Tonus" zu nennen; zumal wenn sich eine andere natürlichere Erklärung für die Erscheinung finden lässt, und diese andere Erklärung ist im Grunde schon längst für sie in Anspruch genommen, indem man das Anziehen der Beine eines hirnlosen Frosches für eine Aeusserung des Rückenmarksensoriums gehalten hat.

Die Pflüger'sche Lehre vom Sensorium des Rückenmarks hat in neuester Zeit in der interessanten Arbeit von Goltz[1]) wiederum einen energischen Angriff erfahren. Da eine Erwiederung auf diese Arbeit meines Wissens bisher nicht erschienen ist, so bedarf es der Rechtfertigung, wenn man trotz ihrer von einer Markseele spricht. Eine vollständige Kritik der darin niedergelegten Versuche liegt ausser dem Bereiche dieses Aufsatzes; ich beschränke mich daher auf einige Worte über den Standpunkt, den der Verfasser, wie die meisten anderen Gegner Pflüger's, dessen Behauptung gegenüber einnimmt. Der Verfasser geht (S. 216) von dem Grundsatze aus, eine Markseele sei an und für sich a priori etwas Unerhörtes und von jeher Negirtes, könne daher erst nach zwingenden Beweisen, wenn jede andere Erklärung fehle, angenommen werden. Deshalb nimmt er lieber die gezwungensten Erklärungen für die Er-

1) Dr. Fr. Goltz, Beitrag zur Lehre von den Functionen des Rückenmarks der Frösche. Königsberger med. Jahrb. Bd. II. Heft 2. S. 189.

scheinungen an (präformirte Reflexmechanismen der complicirtesten Art für jede Körperstelle und jeden Reiz) oder lässt andere lieber ganz unerklärt (gerade die hier in Rede stehende, S. 194), um nur dieser unnatürlichen Annahme zu entgehen. Unnatürlich wird aber die Annahme, wie mir scheint, nur durch die falsche Auffassung, als ob Hirn- und Markseele zwei neben einander bestehende Organismen seien, jede mit besonderen Eigenschaften ausgestattet;[1]) in dieser Form wird jeder instinctiv dagegen eingenommen sein. Bedenkt man aber, dass die allgemein als untheilbares Ganze betrachtete Hirnseele in Wahrheit mit dem Hirn theilbar ist, dass, wie Flourens gezeigt hat, eine schichtweise Abtragung des Hirns eine allmählige Verminderung der sensorischen Functionen herbeiführt, dass mit jedem Stück Hirn gleichsam ein Stück Sensorium entfernt wird, so klingt es gar nicht so unerhört, ja es ist sogar natürlich anzunehmen, dass kein Theil des Cerebrospinalorgans allen Antheils an den Seelenfunctionen entbehrt, und dass, wenn man gleichsam mit den Flourens'schen Schnitten so weit gekommen ist, dass das ganze Hirn entfernt ist, auch im Rückenmark noch ein schwacher Rest von Sensorium vorhanden ist, und ganz besonders bei niederen Thieren, wo ja die anatomische und functionelle Differenzirung zwischen Hirn und Mark überhaupt weniger ausgesprochen ist. Giebt man die Natürlichkeit einer solchen Annahme zu, so wird man sie zur Erklärung der Erscheinungen an enthirnten Fröschen jenen complicirten Annahmen vorziehen, die nicht einmal alle erklären (Goltz S. 194). Was ferner die Versuche in der Goltz'schen Arbeit betrifft, die direct gegen eine Markseele sprechen sollen, so kann ich sie so durchaus nicht deuten; ein genaueres Eingehen würde aber hier zu weit führen.

Ich glaube also trotz der Goltz'schen Arbeit einen geringen Rest von Sensorium in dem vom Hirn getrennten Mark, der nur eben noch gross genug ist, um auf heftige Eingriffe

1) An dieser Auffassung ist hauptsächlich Pflüger selbst Schuld, und seine Gegner beuten sie natürlich für sich aus. So sagt z. B. Goltz (S. 219): „die Hirnseele stirbt, das Regiment der Viceseele im Rückenmark soll vielleicht beginnen" u. s. w.

das Leben zu vertheidigen, und die gewohnte zusammengekauerte Lage, in der sich jedes Thier am sichersten fühlt, anzunehmen und zu erhalten, mit Recht annehmen zu müssen. Mit dessen Hülfe lassen sich nun auch die Brondgeest'schen Erscheinungen leicht und natürlich erklären, und zwar auf folgende Weise:

Ein geköpfter Frosch nimmt alsbald, nachdem er sich erholt, die gewohnte sitzende Stellung ein, in der er sich am behaglichsten oder am sichersten fühlt. Während er sitzt, sind die Muskeln seiner Schenkel erschlafft. Gelingt es, ihm ohne dass er es merkt einen Schenkel abzuziehen, so lässt er ihn in dieser Lage, bis er nach einiger Zeit das Unsichere oder Unbequeme derselben fühlt und den Schenkel wieder anzieht. Die Contraction der Beuger, die das Anziehen bewirkt, lässt nach vollendeter Bewegung sofort wieder nach. — Sind die sensiblen Wurzeln einer Seite durchschnitten, so verhielt sich der Schenkel ganz in der S. 356 besprochenen Weise. Für gewöhnlich bleibt er in jeder Lage liegen, da der Frosch das Bein nicht mehr fühlt, also kein Bedürfniss hat es zu schützen oder bequemer zu bergen. Erst auf heftige Reize, die das andere Bein treffen, zieht er beide zugleich an.

Hängt man nun mit Brondgeest den geköpften (oder bloss enthirnten) Frosch auf, so wirkt die Schwere seiner Absicht, den Schenkel anzuziehen, entgegen. Natürlich bleibt der gelähmte ihr allein überlassen, hängt also schlaff herab. Den anderen sucht er eine Zeit lang, lebhafte Thiere oft Viertelstunden lang, angezogen zu halten. Aber endlich zwingt ihn die Ermüdung durch die Schwere, ihn sinken zu lassen. Dennoch giebt er noch nicht ohne Weiteres nach; das langsame Sinken des Schenkels wird fortwährend von kleinen reactionären Flexionsversuchen unterbrochen. Ganz giebt er jedoch die Beugung nie auf, sondern er erhält sie in einem Grade, wo sie ohne Ermüdung zu ertragen ist, und dieser Grad ist die leicht gebeugte Stellung im Brondgeest'schen Versuche. Uebrigens wiederholt sich die eben geschilderte Scene, nur etwas weniger eclatant, wenn man die Schenkel durch Kneipen oder einen anderen Reiz wieder zur vollständigen Anzie-

hung bringt. — Sind die sensiblen Wurzeln des einen Schenkels durchschnitten, so verhält sich dieser, wie wiederholt auseinandergesetzt, für gewöhnlich ganz wie ein gelähmter, und hängt schlaff herab.

Die in dieser Arbeit erwähnten Versuche sind im hiesigen physiologischen Laboratorium angestellt. Herrn Professor du Bois-Reymond erlaube ich mir für die ausserordentliche Güte, mit der mir das Arbeiten daselbst und die Benutzung der Apparate gestattet, an dieser Stelle meinen innigen Dank auszusprechen.

Einige Bemerkungen über *Tomopteris*.

Von

Dr. Wilhelm Keferstein,
Privatdocenten in Göttingen.

(Hierzu Taf. IX.)

Der merkwürdige Wurm *Tomopteris* kam bei meinem Aufenthalt in Messina von Januar bis April 1860 fast täglich in zahlreichen Exemplaren in's Netz. Da aber schon eine ziemliche Anzahl Untersuchungen [1]) darüber erschienen waren,

1) Ueber *Tomopteris* sind bisher folgende Arbeiten erschienen:

Eschscholtz, Bericht über die zoologische Ausbeute während meiner Reise von Kronstadt nach St. Peter und Paul. Isis 1825. I. S. 736. Taf. V. Fig. 5.

Quoy et Gaimard, Observations faites à bord de l'Astrolabe en mai 1826 dans le détroit de Gibraltar. Ann. des scienc. nat. (1). X. 1827. p. 235—237. Pl. VII. Fig. 1—6.

W. Busch, Einiges über *Tomopteris onisciformis*. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1847. S. 180—186. Taf. VII. Fig. 5.

E. Grube, Einige Bemerkungen über *Tomopteris* und die Stellung dieser Gattung. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1848. S. 456—468. Taf. XVI. Fig. 9—13.

R. Leuckart und A. Pagenstecher, Untersuchungen über niedere Seethiere. *Tomopteris*. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1858. S. 588—593. Taf. XX.

glaubte ich die Anatomie des *Tomopteris* hinreichend bekannt und wurde dadurch, wie es so oft geschieht, wenn man wie gewöhnlich die Meeresküste ohne ausreichende Literatur besucht, abgehalten, diesem Thiere eine besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Manches liess sich jedoch zu Hause an den in Liquor conservativus [1]) aufbewahrten Exemplaren, die kaum ein Aufhellen durch Glycerin nöthig hatten, noch nachholen.

Die Körperwandung besteht bei dem erwachsenen Thiere nur aus der Musculatur und zwar aus inneren Längsfasern und äusseren Ringfasern. Die Längsfasern bilden auf der Rücken- und Bauchfläche jederseits neben der Medianlinie besonders starke Züge und die Ringfasern schiessen in jeden Fussstummel auf der Rücken- und Bauchseite mit zwei an der Medianlinie des Körpers beginnenden Faserzügen ein, die sich im Fussstummel fächerartig ausbreiten und sich unter einander und mit den dort noch vorhandenen in der Längsrichtung des Körpers laufenden Fasern mischen, so dass an den Fussstummeln die Musculatur nicht so einfach aus zwei Schichten besteht, wie am Körper. — Die Muskelfasern sind 0,008 Mm. breite, 0,002 Mm. dicke Bänder, in frischem Zustande glashell, in Liq. cons. aufbewahrt innen feinkörnig.

Am Kopf muss man drei Paar Anhänge unterscheiden: ganz vorn die beiden blattförmigen Kopflappen (Fig. 1 t') (Stirnfühler-Grube), dann etwas mehr nach hinten und nach der

---

W. Carpenter, On *Tomopteris onisciformis* Esch. Transact. Linn. Soc. of London. Vol. XXII. Part. IV. London 1859. p. 353—362. Pl. 62.

1) Diese Flüssigkeit, in welcher sich bisher noch alle von meinem Freunde E. Ehlers und mir in Messina gesammelten Quallen, Salpen, Heteropoden, Pteropoden u. s. w. sehr gut erhalten haben, ist nahezu so zusammengesetzt, wie die von M. Schultze (Arch. f. Anat. u. Physiol. 1858. S. 331 Note) empfohlene. Wir gebrauchten auf 2 Quartier Wasser Kochsalz ℥ IV., Alaun ℥ ij, Sublimat Gr. X. Die Thiere wurden ganz lebend, gleich nachdem sie gefangen, in eine ziemlich grosse Menge dieser Flüssigkeit gebracht, nach ein paar Tagen wurde diese erneuert und nach ihrer Ankunft hier wurden sie abermals in frischen Liq. cons. gebracht, ohne dass wir einen Zusatz von Spiritus dazu für nöthig fanden.

Bauchseite zu die beiden retractilen Fühler t'', und endlich am meisten nach hinten die beiden starren Fühler t''' (Fühlercirrhen-Grube), die mit jener langen (bis drei mal so lang wie der ganze Körper) Borste versehen sind. Busch,[1]) Grube[2]) und Carpenter[3]) haben ebenso wie ich das retractile Fühlerpaar gesehen, während Leuckart und Pagenstecher[4]) dasselbe nicht bemerkten. Bei lebenden Exemplaren, waren diese Fühler sehr deutlich, während ich sie bei den in Liq. cons. aufbewahrten nicht wiederfinden konnte. Bisweilen schien es mir, als ob sie in ihrer Spitze eine dünne und kurze Borste enthielten.

Die Fussstummel tragen an ihrem Ende zwei senkrecht stehende blattförmige Flossen, in deren Basis sich die Körperhöhle fortsetzt, die dann aber solide und ganz blattartig werden. In diesem blattartigen Theile befinden sich die dendritischen Verzweigungen, die Grube am besten beschreibt und die nach C. Schmidt[5]) aus Chitin bestehen. Meistens verzweigen sich diese Stränge nach dem Rande zu, wo man sie öfter frei hervorragen sieht und dienen wohl zur Stütze der Flosse. Die eine dieser Flossen sitzt auf der Rückenseite des Fussstummels, die andere auf der Bauchseite. Die Bauchflosse (Fig. 9 c') zeichnet sich wenigstens am mittleren und hinteren Körpertheil durch eine besondere Bildung aus: in der Mitte ihres blattförmigen Randes bemerkt man nämlich eine kreisförmige, 0,12 Mm. grosse Figur (Fig. 3), wo das Balkenwerk der Flosse fehlt und statt dessen eckige etwa 0,008 Mm. grosse Körner x in Reihen angeordnet, öfter von grossen, länglichen, fettglänzenden Massen y unterbrochen liegen. Am äusseren Rande dieses scheibenförmigen Organs liegt ein 0,02—0,03 Mm. grosser dunkelrother Pigmentfleck p, und man kann sich des Gedankens nicht enthalten, dass dies Organ mit seinem Pigmentfleck irgend ein Sinnesorgan vorstellt. Bisweilen

1) A. a. O. S. 181. Taf. VII. Fig. 5.
2) A. a. O. S. 463. Taf. XVI. Fig. 9 t''.
3) A. a. O. p. 354. Pl. 62. Fig. 1—4.
4) A. a. O. S. 589.
5) Bei Grube a. a. O. S. 461.

findet man auch, ich weiss nicht ob schon bei lebenden Exemplaren, statt dieser Scheibe an derselben Stelle ein blosses bogenartiges Zusammenlaufen der Fasern der Flosse nach jenem Punkte hin, wo sonst der Pigmentfleck liegt. Grube bildet dies a. a. O. Taf. XVI. Fig 11 π naturgetreu ab und es scheint mir am wahrscheinlichsten, dass hier das scheibenförmige Organ selbst ganz zerstört ist.

Der Nahrungscanal ist ein einfacher vom Mund zum After verlaufender Schlauch, der aus Längs- und Ringfasern besteht, und innen mit Zellen ausgekleidet ist. Im Schlund ist die Musculatur besonders stark und er kann sich, wie das Leuckart und Pagenstecher[1]) genauer beschreiben, als Rüssel hervorstülpen (Fig. 1).

Das Nervensystem beschreibt zuerst Grube[2]) genau, Leuckart und Pagenstecher[3]) und Carpenter[4]) konnten blos das Hirnganglion, nicht den Bauchstrang auffinden. Man sieht den Bauchstrang oft deshalb schwer, weil der Darm ihn völlig verdeckt, leicht bemerkt man ihn aber bei jungen Individuen (Fig. 1), wo er relativ viel breiter ist als bei den erwachsenen, und am besten kann man seine Beschaffenheit und den Zusammenhang mit dem Hirnganglion studiren, wenn man so grosse Individuen gebraucht, dass man sie aufschneiden und den Darm herausnehmen, oder auch die Bauchwand mit sammt dem Bauchstrang herausschneiden kann. Das Gehirn (Fig. 2) ist zweilappig und trägt an seiner Rückenseite die beiden Augen, die aus rother Chorioidea und darauf liegender Linse bestehen (Fig. 6). Leuckart und Pagenstecher[5]) beschreiben bei ihrem *Tomopteris* von Helgoland die Augen mit doppelten dicht an einander gedrängten Linsen: ich habe in Messina stets nur eine Linse bemerkt. Vom Gehirn geht nach vorn in der Medianlinie ein breiter Nervenstrang n' ab, der an der Rückenfläche vorn auf dem Kopf zu enden scheint; in die

1) A. a. O. S. 590, 591. Taf. XX. Fig. 5 6.
2) A. a. O. S. 457. Taf. XVI. Fig. 9 n.
3) A. a. O. S. 591.
4) A. a. O. p. 355.
5) A. a. O. S. 591. Taf. 20. Fig. 2.

Kopflappen sah ich keine Fasern davon eintreten. Jederseits giebt das Gehirn einen breiten Ast n'' ab zu der Basis der Borste in den starren hinteren Fühlern, und nach hinten endlich tritt die Schlundcommissur ab, die den Schlund dicht umkreisend den engen Schlundring bildet, der an der Bauchseite in den Bauchstrang, ohne dort ein hervortretendes unteres Schlundganglion zu bilden, übergeht.

Der Bauchstrang ist beim erwachsenen Thier etwa 0,12 Mm. breit und besteht aus zwei dicht neben einander liegenden Strängen, die für jeden Fussstummel eine schwache Anschwellung bilden, so dass dort der Bauchstrang 0,16 Mm. breit wird. An jeder solchen Anschwellung entspringt ein Nerv, der bis in den Fussstummel hinein zu verfolgen ist. Der Bauchstrang besteht aus feinen Längsfasern mit zwischen liegenden Zellen, die namentlich in den Anschwellungen sich anhäufen und 0,012 Mm. gross sind. Auch in den austretenden Nerven findet man solche 0,012 Mm. lange, 0,008 Mm. breite kernhaltige Zellen, die ich für Ganglienzellen halten möchte.

Die Eier entstehen bekanntlich an der Innenwand der Fussstummel, reissen sich dann los und schwimmen frei im Körper umher, wo sie ihre volle Grösse erreichen. Der Eierhaufen sitzt zuerst der Leibeswand fest an und liegt unter einer zarten Haut, die überall über ihn weggeht.[1]) Je näher an der Leibeswand, je kleiner sind die Eier, jedes zeigt deutlich Keimbläschen und Keimfleck. Da beim erwachsenen Thier die Leibeshöhle innen nicht von einem Epithel ausgekleidet ist, so können die Eier nicht aus diesem entstehen; ich möchte aber doch glauben, dass an der Stelle, wo später ein Eierhaufen sich bildet, das Epithel persistirt und dass die den Eierhaufen überziehende Haut die Cuticula dieses Epithels ist. Der Eierhaufen entwickelt sich, während er in der Leibeshöhle herumschwimmt, weiter, indem ein Ei nach dem anderen zur vollständigen Grösse (bis 0,6 Mm.) heranwächst. Bei einem Eierhaufen mit solchem reifen Ei erscheinen die übrigen Eier nur wie ein kleiner Anhang an diesem grossen (Fig. 5).

1) Wie dies Gegenbaur in Grundzüge der vergl. Anatomie, Leipzig 1859. 8. S. 191. Fig. 49 richtig abbildet.

Bisweilen findet man Individuen, die, obwohl sie eben so gross wie die eierenthaltenden sind und mit diesen zur selben Zeit vorkommen, doch keine Eierhaufen zeigen. Dafür zeigen sie an der Stelle, wo sonst der Eierhaufen sitzt, kleine Gruppen von 0,016—0,02 Mm. grossen Zellen. Ich möchte vermuthen, dass dies Saamenzellen wären; da ich diese Exemplare jedoch erst in aufbewahrtem Zustande untersuchte, konnte ich keine Gewissheit darüber erlangen. Huxley[1]) beschreibt ähnliche Individuen aus der Torres-Strasse; die Zellen in diesem Zellenhaufen waren $^{1}/_{5000}$ Zoll gross und Huxley hält diese Thiere ebenfalls für die Männchen.

Schon Busch hat die rosettenförmigen Organe gesehen, die an der Bauchseite des Thieres jedesmal neben dem vorderen Winkel des Fussstummels sitzen. Jedes dieser Wimperorgane (Fig. 4) besteht aus einer mit Cilien besetzten Rosette der Mündung a nach der Bauchhöhle zu und einem davon abgehenden nach hinten verlaufenden mit Cilien ausgekleideten Canal b, der etwa in der Mittellinie der Fussstummel nach aussen auf der Bauchseite ausmündet. Es scheint, dass man meistens angenommen hat, die Rosette münde nach aussen, allein ich glaube mich davon überzeugt zu haben, dass sie innerhalb der Körperwand liegt. Man muss dies Organ für eine Art Wassergefässsystem halten, analog dem Schleifenorgan des Regenwurms.

Auf welche Weise die Geschlechtsproducte aus der Leibeshöhle gelangen, kann ich nicht angeben, Leuckart und Pagenstecher[2]) jedoch beschreiben zwei Paar Spaltöffnungen an der Bauchseite des Thieres, die sie wohl mit Recht für die Austrittsstellen der Eier halten.

Dass *Tomopteris* zu den Anneliden gehört, ist jetzt wohl allgemein anerkannt: nachdem ich die prächtigen *Alciope* in Messina untersucht hatte, war es mir völlig klar, denn mit diesen schönen Würmern hat *Tomopteris* die grösste Aehnlichkeit. Wie bei *Alciope* ist der Ramus dorsalis und Ramus ven-

---

1) Bei Carpenter a. a. O. p. 359.
2) A. a. O. S. 592. Taf. XX. Fig. 1.

tralis des Fusses zu einem einzigen Fussstummel verwachsen, und die beiden Flossen bei *Tomopteris* sind nichts anderes als der Cirrhus dorsalis und Cirrhus ventralis der *Alciope*, die ja auch bei vielen anderen Anneliden so blattartig ausgebreitet sind. Bei *Alciope* setzt sich nur der Fussstummel noch jenseits der Rücken- und Bauchcirrhen fort und enthält Borsten, während er bei *Tomopteris* aufhört, wo diese Cirrhen abgehen und borstenlos ist. Van Beneden[1]) führt allerdings an, dass Leuckart und Pagenstecher auch bei *Tomopteris* gering entwickelte Borsten gefunden hätten, allein in der betreffenden Abhandlung dieser Forscher kommt kein Wort davon vor. Gerade wie bei *Tomopteris* finden sich auch bei *Alciope* Wimperorgane, wie das Fig. 7 zeigt, und die füllhornförmige Mündung derselben, die mit grossen steifen Cilien besetzt ist, liegt in der Leibeshöhle. Auf den Bau von *Alciope*, der in sehr vieler Hinsicht interessant ist, gehe ich hier nicht weiter ein, weil ich in Messina hörte, dass sich dort im Jahr vorher ein anderer und vorzüglicher Naturforscher mit dieser Wurmform gerade speciell beschäftigt hat.

Die Speciesunterschiede der bisher beschriebenen *Tomopteris*formen sind noch nicht klar gemacht. Auf die Zahl der Fussstummel scheint es nicht anzukommen, sie nehmen mit dem Alter zu, bei ganz erwachsenen Thieren zählte ich meistens 13 Paar am eigentlichen Körper und oft noch 18 Paar an jenem wurmförmigen Schwanzanhang. Es scheint mir, dass dieser Anhang sich nicht allmählig zum grösseren vorderen Körperabschnitt umwandelt, sondern so wurmförmig mit seinen rudimentären Fussstummeln bleibt, so dass *Tomopteris* also zu jenen Anneliden gehört, bei denen der vordere und hintere Körper verschieden gebildet ist. Die grössten Exemplare, die ich sah, waren etwa 25 Mm. lang, wovon 10 Mm. auf den

---

1) In seinem Aufsatz über *Crepina* im Bulletin de l'Acad. roy. de Belgique (2). V. 1858. p. 464 Note. „Le genre *Tomopteris* avait été consideré comme privé aussi de soies, mais M.M. Leuckart et Pagenstecher se sont assurés qu'elles existent réellement, mais qu'elles sont moins developpées que dans des autres annelides. M. Pagenstecher a eu la complaisance de me montrer des desseins.

schwanzartigen Anhang kommen, die beiden steifen Borsten am Kopf waren dann 30—40 Mm. lang. Busch, Leuckart und Pagenstecher und Carpenter nennen ihre Art aus der Nordsee *T. onisciformis*, unter welchem Namen Eschscholtz das $2^1/_2$ Lin. lange Exemplar, das er in der Südsee erhielt, aufführt. Eschscholtz Beschreibung ist aber viel zu kurz und seine Abbildung völlig ungenügend, um danach die Species bestimmen zu können. Quoy und Gaimard beschreiben ihr 4 Zoll grosses Exemplar von Giberaltar unter dem Namen *Briaraea scolopendra* und ich möchte, da ihre Beschreibung und Abbildung mit den Exemplaren von Messina stimmt, mit Ausnahme der gewaltigen Grösse des Exemplars von Giberaltar, den *Tomopteris* von Messina vorläufig *Tomopteris scolopendra* nennen. Einen durchgreifenden Unterschied von der aus der Nordsee beschriebenen Art sehe ich allerdings nicht, wenn es nicht vielleicht constant ist, dass bei den *Tomopteris* aus der Nordsee auf dem Rücken eine Längsreihe rother Pigmentflecke vorkommt, die der Art von Messina fehlt.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Junge *Tomopteris* 1,3 Mm. lang von der Bauchseite.
- t′ Stirnlappen.
- t″ Retractile Fühler.
- t‴ Starre hintere Fühler.
- r. Rüssel.
- i. Darmcanal.
- n. Bauchstrang.
- g. Hirnganglion.

Vergr. 60.

Fig. 2. Schlundring von einem erwachsenen *Tomopteris*.
- n. Bauchstrang.
- n′ Vorderer unpaarer Nerv.
- n″ Nerv zu dem hinteren Fühler.

Vergr. 16.

Fig. 3. Scheibenförmiges Organ aus dem Bauchflösschen von *Tomopteris*.
- p. Pigmentfleck.
- x. Körner.

y. Längliche fettglänzende Massen.
z. Contur der Flosse.

Vergr. 300.

Fig. 4. Wimperorgane von *Tomopteris*.
a. Die Rosette, die Mündung in der Bauchhöhle.
b. Der Wimpercanal mit darin umhertanzenden Körnchen.
c. Aeussere Wand des Thieres, vorderer Winkel eines Fussstummels.

Vergr. 260.

Fig. 5. Ein frei in der Leibeshöhle umherschwimmender Eierhaufen von *Tomopteris*. Vergr. 120.

Fig. 6. Ein Auge von *Tomopteris*. Vergr. 260.

Fig. 7. Ein Theil von *Alciope Regnauldii* Aud. et Edw. von der Bauchseite.
n. Bauchstrang.
g. Ein Bauchganglion.
i. Darmcanal.
r. Fussstummel.
c' Cirrhus ventralis.
c'' Cirrhus dorsalis.
k. Körperwand, bestehend aus einer äusseren Cuticula und darunter liegender Zellenlage, die bei z gezeichnet ist, wie sie nach Behandlung mit Essigsäure deutlich wird. (Die Muskelhaut ist der Deutlichkeit wegen nicht mitgezeichnet.)
p. Gruppen von Zellen, die mit gelbem Pigment gefüllt sind.
w. Wimperorgan.
w' Die Mündung desselben in der Bauchhöhle.
o o. Frei in der Leibeshöhle schwimmende Eier.
t. Samenzellen.

Vergr. 150.

Fig. 8. Fussstummel von *Alciope Regnauldii* Aud. et Edw.
s. Fussstummel.
c'' Cirrhus ventralis.
c'' Cirrhus dorsalis.

Fig. 9. Fussstummel von *Tomopteris*. Bezeichnung wie in Fig. 8.
p. Scheibenförmiges Organ.

Ueber das Verhältniss der Muskelleistungen zu der Stärke der Reize.

Von

Dr. Ludimar Hermann in Berlin.

Die Frage nach dem Verhältnisse zwischen Kraft und Arbeit hat nur da Sinn, wo die Arbeit nicht das directe Maass jener, sondern das einer anderen Kraft ist, welche durch jene erst aus dem Ruhezustande in den lebendigen verwandelt, d. h. ausgelöst worden ist. Es giebt ferner eine gewisse Art der Auslösung, bei der ebenfalls jene Frage nicht existirt, nämlich die Verhältnisse, wo die auslösende Kraft, mögen die Spannkräfte gross oder klein sein, stets eine bestimmte unveränderliche Grösse behält, und in jedem Falle den Gesammtvorrath an Spannkraft in lebendige Kraft verwandelt; diesen Fall zeigt das oft gebrauchte Beispiel der auszulösenden Uhr, dieselbe kleine Bewegung des Sperrhakens reicht dazu hin, welche Grösse das Gewicht auch habe, und jedesmal wird durch diese Bewegung die ganze Summe der Spannkräfte des Uhrwerks ausgelöst.

Wo aber jene Frage überhaupt zulässig ist, da verspricht ihre Beantwortung eine tiefere Einsicht in den Mechanismus des Auslösungsapparates, und jede dahin gerichtete Untersuchung ist dadurch gerechtfertigt. Es handelt sich hier, wie sich aus dem Obigen ergiebt, um die Fälle, wo nicht die gesammten Spannkräfte durch eine constante Kraft ausgelöst werden, sondern wo die Menge der frei werdenden Kräfte in einem gewissen Verhältniss zu den auslösenden steht. Einen Fall, wo dies Verhältniss proportional ist, zeigt das von Pflüger[1]) ge-

---

1) Untersuchungen über d. Physiologie des Elektrotonus. S. 477.

brauchte Beispiel eines Bergsee's, der durch eine Schleuse verschlossen ist; die durch Erhebung derselben frei werdenden Wassermassen (d. h. lebendigen Kräfte) sind den Erhebungen, oder den dazu nöthigen (auslösenden) Kräften proportional, jedoch nur wenn die Oeffnung eine rechteckige Gestalt hat; wäre sie dreieckig oder rund, so treten statt der Proportionalität complicirtere Verhältnisse ein.

In dem Bewegungsapparat des thierischen Körpers, im Nerven- und Muskelmechanismus, haben wir offenbar ein derartiges Verhältniss, denn dass die Muskelarbeit kein directes Maass für den geringfügigen Reiz ist, der auf das centrale Ende des Nerven, oder auf irgend einen anderen Punkt des Systems wirkt, ist bekannt. Eben so wenig ist die Muskelarbeit von der Stärke jenes Reizes unabhängig; stärkere Reize bewirken stärkere Leistungen. Es waltet also eine gewisse Beziehung zwischen beiden, die, wie man leicht aus gröberen Erfahrungen schliessen kann, keine einfach proportionale ist, und die Ermittelung dieser Beziehung war der Zweck der vorliegenden Untersuchung.

Doch die Frage liegt nicht so einfach, als es hiernach scheinen könnte. Statt eines einfachen Auslösungsapparates haben wir eine ganze Reihe. Die Muskelkräfte werden durch die auf der Nervenbahn anlangenden Nervenkräfte ausgelöst, die Nervenkräfte selbst an der gereizten Stelle durch den Reiz. Die Leitung von der gereizten Stelle bis zum Muskel scheint aber wiederum eine Reihe unendlich vieler Auslösungen zu sein, indem jedes Nervenmolecül die Spannkräfte des folgenden frei macht. An allen diesen Auslösungsapparaten ist jenes Gesetz der Abhängigkeit völlig unbekannt; es handelt sich also nicht um Eine unbekannte Function, sondern um eine ganze Kette. Was hilft es also, wenn wir die Endglieder dieser Kette, die Abhängigkeit der Muskelarbeit von dem auf eine Nervenstelle einwirkenden Reiz zu ergründen suchen, da wir die Zwischenglieder nicht kennen. Je complicirter jene Zwischenfunctionen sind, um so werthloser wird das erhaltene Resultat sein.

Freilich lassen sich noch einige Lücken ausfüllen. Bringt

man den Reiz direct auf den Muskel an, so fällt die ganze Reihe der unbekannten Functionen, die der Nerv mit sich bringt, hinweg. Denken wir uns nun das Gesetz der Abhängigkeit der Muskelleistungen von den directen Muskelreizen gefunden, nehmen wir ferner an, dass dies Gesetz ebenfalls für den vom Nerven auf den Muskel übergehenden Reiz gelte, ferner, dass die Auslösungen zwischen je zwei Nervenmolecülen überall demselben Gesetze folgen, so wäre die Sache schon bedeutend vereinfacht. Eine Reihe von Untersuchungen, bei denen erst für directe, dann für indirecte Reizung an verschiedenen Stellen jene Abhängigkeit gesucht würde, könnte dann wohl einige Aufschlüsse über die verschiedenen unbekannten Functionen ergeben.

Indess, wie dem auch sei, unsere Hoffnung, dass eine derartige Untersuchung einen Einblick in den Mechanismus der Auslösungen gestatten würde, müssen wir schon a priori aufgeben. Trotzdem aber ist es wohl der Mühe werth, im Groben, ohne Rücksicht auf die Theorie, die Abhängigkeit der Muskelkräfte von ihren Reizen zu studiren, oder mit anderen Worten, die Curve zu finden, die den auf die Reize als Abscissen aufgetragenen Arbeitsordinaten entspricht.

Es existirt bis jetzt über diesen Gegenstand meines Wissens nur eine von Matteucci herrührende Arbeit.[1]) Dieselbe ist jedoch, principiell sowohl als methodisch, total verfehlt, wie du Bois-Reymond in seiner Kritik[2]) auf das Klarste nachgewiesen hat. Matteucci sucht, um nur das Hauptsächlichste hervorzuheben, für die Muskelarbeit ein Aequivalent in dem Zinkverbrauch einer sie bewirkenden Kette; dass hierbei das Gesetz der Nervenerregung durch den Strom, so wie der Auslösungsvorgang bei der Muskelreizung gänzlich verkannt ist,

---

1) Matteucci, Elektrophysiologische Untersuchungen, 7. Reihe. Ueber die Beziehung zwischen der Stärke des elektrischen Stromes und der der entsprechenden physiologischen Wirkung. Philosophical Transactions. 1847.

2) E. du Bois-Reymond in: Fortschritte der Physik im Jahre 1847, dargestellt von der physikalischen Gesellschaft zu Berlin. Berlin 1850. S. 412.

bedarf kaum der Erwähnung. Jedes weitere Eingehen in die Details der Arbeit ist deshalb überflüssig.

Zur experimentellen Ermittelung des fraglichen Verhältnisses stehen uns verschiedene Wege offen. Die Arbeit eines Muskels ist bekanntlich das Product aus der gehobenen Last in die Hubhöhe; wir können also einfach einen Muskel belasten, dann verschieden starke Reize auf ihn einwirken lassen, und die ihnen entsprechenden Hubhöhen messen. Letztere als Ordinaten auf Abscissen, die den Reizen entsprechen, bezogen, würden offenbar eine Curve geben, die unsere Frage beantwortet. Eben so gut aber kann man den umgekehrten Weg einschlagen; man kann nämlich dem Muskel gewisse Leistungen auftragen und die Reize suchen, welche zu ihrer Verwirklichung gerade genügen. Auch so erhält man eine Curve, welche der ersteren gerade reciprok ist, d. h. deren Abscissen den Ordinaten jener entsprechen.

Oberflächlich betrachtet scheint die erste dieser beiden Methoden weit einfacher und leichter ausführbar, als die zweite; durch einen Kunstgriff aber lässt sich die zweite zu viel grösserer Genauigkeit ausbilden. Es kommt bei ihr darauf an, gewisse Muskelarbeiten zu supponiren, und die zu ihrer Ausführung nöthigen Reize zu suchen. Man kann hier offenbar entweder den Muskel stets mit demselben Gewicht belasten, und so die Hubhöhen der Arbeit proportional setzen, also die Reizwerthe bestimmen, die dieselbe Last zu verschiedenen Höhen zu erheben vermögen, oder die Hubhöhe constant lassen, und verschiedene Belastungen anwenden. Letzteres geschieht am leichtesten dadurch, dass man die Hubhöhe auf ein Minimum reducirt, die Arbeit ist dann einfach der gehobenen Last gleichzusetzen. Letztere Methode ist die von mir angewandte; sie sucht also nach der Reihe die Reize, welche den Muskel befähigen, verschiedene Belastungen um ein Minimum zu heben. Die Methode der minimalen Zuckungen ist bekanntlich nicht neu in der Physiologie, zu genauen Messungen jedoch meines Wissens noch nicht verwandt.

Der bei weitem schwierigste Theil ist jedoch die Bestimmung jener Reizstärken; offenbar muss man einen genauer Ab-

stufung fähigen Reiz von dem geringsten Werth so weit steigen lassen, bis er endlich die minimale Zuckung auszulösen vermag. Wir kennen nur einen einzigen unter den Muskel- und Nervenreizen, der dies gestattet, nämlich den elektrischen. Stromesschwankungen von vergleichbarem Werthe, oder, was dasselbe ist, von vergleichbarer Steilheit, lassen sich leicht herstellen, am besten in Form von Schliessungen oder Oeffnungen verschieden starker Ströme, stets durch genau denselben Vorgang bewirkt.

Um kurz zu sein, will ich gleich eine Beschreibung der angewandten Apparate liefern. Zur Beobachtung der minimalen Zuckungen diente mir ein ursprünglich zu telegraphischen Zwecken construirter Apparat (Doppelrelais), den ich der Güte des Herrn Bernstein verdanke. Mit einigen Veränderungen war er sehr gut zu benutzen. Zwei in Kegellagern a,a, (Fig. 1) sehr leicht drehbare Hebel ak und i,k, ruhen durch die Messingständer mm, auf dem Brette AA. Der eine i,k, wird an dem Ende i, durch die Feder x, deren Spannung mittelst der Schraube s regulirt wird, nieder gezogen, am anderen Ende trägt er einen eisernen Anker h, an dem zugleich ein gegen die Glocke g spielender Hammer befestigt ist; senkrecht unter dem Hammer steht der Elektromagnet e, dessen Eisenkern c eine aufgeschlitzte Hülse ist. Der andere Hebel hat keine Feder; am Ende k ist er nach unten und oben mit einem Haken versehen; der untere trägt eine Wagschale. Ausserdem trägt jeder Hebel in der Mitte zwischen Drehpunkt und Ende an der unteren Fläche eine Platinplatte n,n,, gegen die die Platinspitzen o,o, zweier Schrauben mit engen Gängen spielen; die Muttern dieser Schrauben sind zwei gekrümmte Pfeiler f,f,. Nennen wir kurzweg die rechte Hälfte des Apparats den Hubapparat, die linke den Signalapparat. Zum letzteren gehört die Kette B,, ein einziges Daniell'sches Element, in dessen Kreis der Elektromagnet e und der Platincontact no eingeschaltet ist. Ruht n auf o, so ist der Kern c magnetisch und hält den Anker h, wenn er durch die Hand niedergedrückt ist, fest; die leiseste Oeffnung bei no lässt sogleich h zurückspringen und die Glocke ertönen.

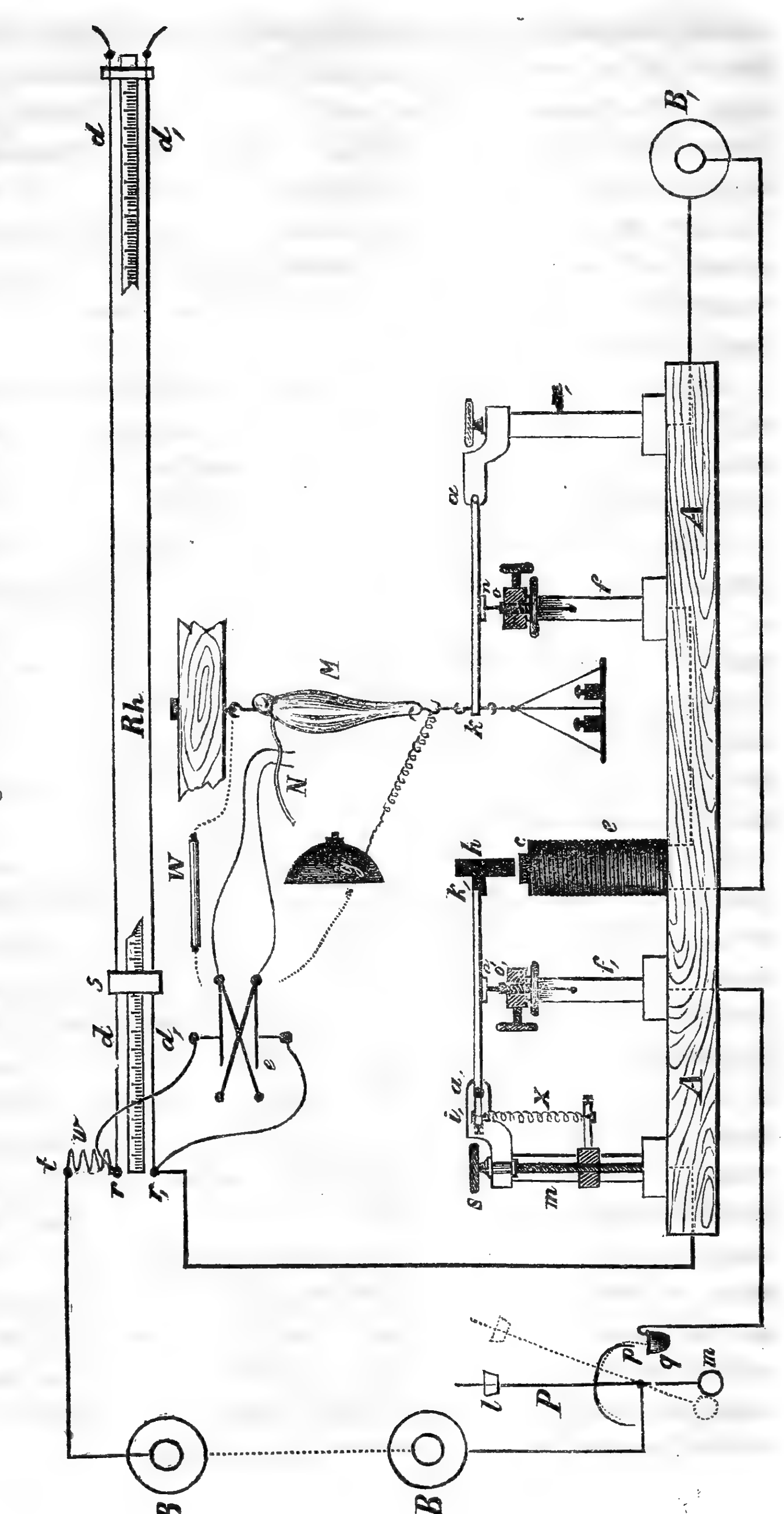


Fig. 1.

So lange h niedergehalten wird, ist der Contact n,o, des Signalapparates geschlossen; die Schraube ist so eingestellt, dass wenn n, auf o, ruht, der Anker h den Kern c nicht berührt, sondern nur unmittelbar darüber schwebt; so erreicht man einen sichreren Schluss bei n,o, und ein sichreres Abreissen, sobald bei no geöffnet wird. Schliesst sich no wieder durch Zurückfallen des Hebels ik, so kann dennoch h nicht auf c zurückgezogen werden, da es durch die Feder viel zu zu hoch emporgerissen ist; der Contact n,o, bleibt also offen, bis ihn ein Niederdrücken des Hebels mit der Hand wieder schliesst.

Der Reizapparat besteht aus der starken Kette BB (meist 6—9 Daniells[1])), dem Metronom P, dem Rheochord Rh und dem Contact n,o,. Die Kette ist bei n,o,, so lange h auf k ruht, dauernd geschlossen, wird aber durch die am Pendel lm befestigte Platinspitze p, die in das Quecksilbernäpfchen q[1]) taucht, in regelmässigen Intervallen geschlossen und geöffnet. Da die Schliessungen durch eine regelmässige Fallbewegung, also stets mit derselben Geschwindigkeit geschehen, so kann man sie mindestens eben so gut als uniform betrachten, wie die des Pflüger'schen Fallapparates. — Das Rheochord ist eines der jetzt von Sauerwald nach Prof. du Bois-Reymond's Angabe mit grosser Vollkommenheit construirten. Ausser den beiden feinen Rheochorddrähten aus Platin (dd, d,d,), die durch den Schieber s[3]) verbunden sind, enthält es noch im Inneren eine Reihe von Neusilberwiderständen (w), die man nach Belieben ganz oder zum Theil in den ungetheilten Hauptstrom oder in die Rheochordnebenschliessung oder auch in den Stromarm für den Muskel einschalten kann, je nach der Anordnung der Verbindungen. In meinen Versuchen wurden sie stets für den ungetheilten Hauptstrom verwandt. — Der vom Rheochord

---

1) Bei späteren Versuchen wurde die Kette bis auf zwei Daniells gebracht (s. unten).

2) Dasselbe ist unmittelbar am Metronomkasten befestigt.

3) Dieser besteht aus zwei einander berührenden stählernen mit Quecksilber gefüllten Cylindern, die von den Rheochorddrähten durchbohrt sind, und bewegt sich sehr gut auf einer mit Millimetertheilung versehenen Schlittenbahn.

abgezweigte, zur Reizung des Nerven oder des Muskels bestimmte Arm der Leitung ging zu einer Pohl'schen Wippe e, welche theils mit dem Kreuz zum Wechseln der Stromesrichtung, theils ohne dasselbe zur Abwechselung zwischen directer und indirecter Reizung verwandt wurde.

Der Muskel war an einem starken an zwei Säulen verschiebbaren Querbalken befestigt, und griff mittels mehrerer Zwischenstücke, worunter ein gläsernes, an dem oberen Haken bei k an. Der Nerv lag vor Vertrocknung geschützt in einer wohlverschlossenen Glasröhre, in der er auf zwei Platindraht-Elektroden ruhte; zur directen Reizung war der obere und der untere Befestigungshaken des Muskels, letzterer durch einen sehr feinen, spiralig gewundenen Draht mit der Wippe verbunden.

Die Einrichtung des Hubapparats ist im Principe dieselbe, wie die des ersten Helmholtz'schen für den zeitlichen Verlauf der Muskelzuckung bestimmten. Er ist zu Versuchen mit Belastungen und mit Ueberlastungen (im Helmholtz'schen Sinne) gleich geeignet. — Im Beginne meiner Versuche war ich zweifelhaft, welche von beiden Methoden ich anwenden sollte, ob ich die (um ein Minimum) zu hebenden Gewichte einfach als Belastungen, oder nach einer bestimmten constanten Belastung als Ueberlastung anbringen sollte. — Der Unterschied beider Methoden lässt sich genau so formuliren: Bei der Belastungsmethode suchen wir nacheinander die Reize, welche Spannkräfte, die Dehnungen von 10, 20, 50 u. s. w. Gramm entsprechen, um ein Minimum zu erhöhen vermögen, bei der Ueberlastungsmethode dagegen die Reize, welche eine bestimmte constante Spannung (etwa von 5 Grm.) um 10 Grm. + ein Min., 20 Grm. + 1 Min., 50 Grm. + 1 Min. u. s. w., erhöhen. A priori liess sich durchaus nicht absehen, welche Methode ein richtiges Bild des Fortschrittes der Leistungen mit den Reizen geben würde; ich beschloss daher beide nach einander anzuwenden, und begann mit der Belastungsmethode. Sie gab ein völlig unerwartetes aber sehr interessantes Resultat, welches zeigt, dass zur Lösung unserer Frage nur die Ueberlastungsmethode brauchbar ist.

Als Präparat benutzte ich fast durchgängig den Gastroknemius mit dem Ischiadicus des Frosches. Die obere Befestigung geschah entweder durch Einklemmung des Femur oder durch Einsenkung eines Hakens in den Stumpf desselben (Helmholtz). Der untere Haken wurde über dem Sesambein in die Achillessehne geheftet.

Die Reizwerthe, die ich mittels des Rheochords erhielt, konnten den Rheochordlängen proportional gesetzt werden, da der Widerstand der letzteren gegen den der Batterie BB und des Nerven, resp. Muskels, verschwindend klein war (vergl. du Bois-Reymond, Untersuchungen u. s. w. Bd. I. S. 273. Anm.), so lange ich mich in den ersten Decimetern des Rheochords hielt. Freilich bleibt dennoch ein kleiner Fehler unbeseitigt; man kann nämlich wegen Unkenntniss der Curve des Stromansteigens bei der Schliessung, auch wenn dieselbe, wie bei uns, stets gleichförmig ist, nicht die Differenziale derselben den Stromstärken, zu welchen geschlossen wird, proportional setzen, denn geradlinig ist sie sicher nicht; die Schliessung eines doppelt so starken Stromes hat also nicht genau den doppelten Erregungswerth, wie die des einfachen. Indessen verschwindet dieser Fehler gegenüber den anderen, ebenfalls unvermeidlichen.

Für die Versuche wurden immer Schliessungszuckungen verwandt, da die Oeffnungen bekanntlich nicht gleichförmig zu bewerkstelligen sind; es wurden daher stets aufsteigende Ströme genommen, um die Schliessungszuckungen in allen Stadien der Erregbarkeit prädominirend zu machen (es handelt sich hier nur um schwache Ströme).

Das Schema eines Versuches ist also folgendes: Nachdem die Spitze o, so weit in die Höhe geschraubt ist, dass beim Andrücken des Hebels i,k, der Anker h sehr nahe über c schwebt, ohne es zu berühren, wird das Präparat befestigt, der Nerv durch seine Glasröhre, der Muskel durch eine umgehängte mit feuchtem Fliesspapier ausgekleidete Drahthülse vor Vertrocknung geschützt; darauf wird die Spitze o möglichst herabgeschraubt, damit der Muskel frei belastet werden kann. Nachdem dies geschehen und die nachträgliche Dehnung abgewartet ist, muss o gegen n sehr genau eingestellt werden. Dies

geschieht nach folgender höchst genauen Methode. Nachdem o ungefähr bis an n geschraubt ist, wird die genauere Einstellung durch leichte Schläge mit dem Finger auf den Hebel ak über n bewerkstelligt; so lange man nämlich bei einem solchen Schlage noch ein Aufklappen von n auf o hört, ist der Contact noch nicht erreicht; wird dies Klappen nach fortwährendem vorsichtigen Emporschrauben fast unhörbar, so geschieht die feinste Einstellung mittels des Elektromagneten e. Jetzt drückt man nämlich den Hebel i,k, fast bis auf seinen Ruhepunkt nieder und schraubt o äusserst vorsichtig noch so lange weiter in die Höhe, bis der Anker h in schnurrende Schwingungen geräth; es ist dies nämlich der Moment, wo zwischen no ein ununterbrochener kleiner Funke sichtbar ist. Schraubt man jetzt noch ein Minimum weiter, so hört das Schnurren plötzlich auf, und der Anker bleibt über c schwebend. Diese Einstellung entspricht allen Anforderungen des Versuchs, und lässt sich nach einiger Uebung in wenig Secunden äusserst sicher ausführen. Natürlich steht der Apparat AA zur Vermeidung jeder Erschütterung auf einem Console.[1])

Jetzt wird das Pendel des Metronoms in Bewegung gesetzt, so dass 30—40 Schliessungen in der Minute erfolgen. Nun schiebt man, so oft das Pendel nach der linken Seite hinübergeht, d. h. zwischen je zwei Schliessungen, den Rheochordschieber s um eine bestimmte Länge, also um 1 Mm. z. B., vor, so lange bis die Glocke ertönt; jetzt ist die minimale Zuckung erfolgt, und jede fernere Reizung hört auf, da die Kette bei n,o, dauernd geöffnet ist; der auf der Rheochordtheilung abgelesene Werth giebt die Stromstärke an, deren Schliessung die minimale Zuckung bei der angewandten Belastung bewirkt hat.

Die grobe Erfahrung lehrt, dass jeder Muskel bei steigenden Reizen eine gewisse Maximalarbeit erreicht, die er bei fernerer Verstärkung der Reize nicht übersteigt, dass ferner diese Maxi-

1) Ganz derselbe Apparat diente zu dem in diesem Bande S. 350 mitgetheilten Tonusversuche, nur wurde dort statt der von unten wirkenden Contactschraube o eine eben solche, aber von oben wirkende angebracht; die Einstellung geschah ebenso; dort musste also eine minimale Verlängerung des Muskels die Glocke zum Tönen bringen.

malarbeit bei steigenden Reizen annähernd sehr schnell, vollkommen aber erst ziemlich spät erreicht wird. Hieraus musste man schliessen, dass die Curve der Muskelleistungen bezogen auf die Reizstärken anfangs ziemlich steil, dann aber gestreckter verlaufen, und endlich den Maximalwerth erreichen würde, oder dass bei unserer Methode die Werthe der Reize bei steigenden Belastungen zuletzt in's Unendliche wachsen würden. Ich war demnach auf ein anfangs langsames, dann aber immer schnelleres Ansteigen der Rheochordwerthe gefasst.

Wie gross aber war mein Erstaunen, als ich, sobald die Unregelmässigkeiten der ersten Versuche überwunden waren, in den Rheochordwerthen eine von der Belastung ganz unabhängige — Constanz wahrnahm! So steigerte ich z. B. in einem Versuche die Belastung von 5 auf 300 Gramm, und stets trat die minimale Zuckung bei 12 Mm. Rheochordlänge ein. Allerdings kostete es erst viele vergebliche Anstrengungen, ehe dies Resultat erzielt wurde; denn der complicirte Apparat bringt bald an dieser, bald an jener Stelle Unregelmässigkeiten zu Wege. Die geringste Veränderung der Widerstände, die geringste Erschütterung oder Verunreinigung des Quecksilbers im Metronomnäpfchen (das daher auch nicht mit einem amalgamirten, sondern mit einem eisernen Haken versehen wurde), vor Allem aber der geringste Fehler bei der Einstellung, namentlich wenn sie zu früh geschieht, ehe die Nachdehnung vollendet ist, oder ehe der vorher stärker belastete Muskel sich völlig wieder auf die dem geringeren Gewicht entsprechende Länge verkürzt hat, jeder dieser Umstände bewirkt sofort Schwankungen in den Resultaten. Ja man muss sogar die Anzahl und Stärke der der Zuckung vorhergehenden erfolglosen Reize bei jedem einzelnen Versuch gleich machen, um den Einfluss der durch sie bewirkten kleinen Modificationen der Erregbarkeit zu eliminiren; daher wurde im Laufe eines Versuches bei jeder Belastung immer mit derselben Rheochordstelle begonnen, und um gleiche Intervalle vorgeschritten (meist 1—5 Mm.). Sobald aber alle diese Punkte berücksichtigt wurden, erhielt ich stets jenes seltsame Resultat. In Versuchen, wo die Ermüdung grossen Einfluss hatte, und daher die Rheo-

chordlängen mit den Belastungen etwas wuchsen, stellte sich dennoch jene Constanz auf das Schönste heraus, sobald ich mit den Belastungen nach der Weber'schen Methode wieder in derselben Weise zurückging, und aus je zwei gleichwerthigen Versuchen das Mittel nahm.

Misstrauisch wegen des anscheinend paradoxen Resultates ging ich jetzt von den geringen Rheochordlängen, die ich aus den S. 377 angeführten Gründen gewählt hatte, zu grösseren über (indem ich die Batterie schwächte); hier mussten natürlich etwaige Abweichungen von der Constanz deutlicher hervortreten. Indess auch hier blieb das alte Resultat bestehen, wenn auch nicht mehr in jener eclatanten Uebereinstimmung auf den Millimeter, doch so, dass die Resultate zwischen 5 und 300 Gramm Belastung noch nicht um 1 Cm. von einander abwichen.[1]) Man wird nicht einwenden, dass diese geringe Abweichung das Resultat umstosse, wenn man die launische Vergänglichkeit thierischer Gebilde bedenkt, und besonders, wenn man die unten mitgetheilten Resultate der Ueberlastungsmethode vergleicht.

Das Resultat blieb ferner dasselbe, mochte ich directe oder indirecte Reizung anwenden. Für die directe Reizung musste, da sich mit der Gestalt des Muskels bei der Dehnung Widerstand und Dichtigkeit des reizenden Stromes änderte, ein hinlänglicher Widerstand eingeschaltet werden, um diesem Fehler seinen Einfluss zu nehmen; es wurde daher stets ein ziemlich bedeutender Wasserwiderstand W in den Kreis eingeführt. Uebrigens zeigten sich auch, wenn ich den Wasserwiderstand wegliess, keine bedeutenden Abweichungen, ein Zeichen, dass der grössere Widerstand durch das Länger- und Dünnerwerden des Muskels bei der Dehnung in der zugleich wachsenden Dichtigkeit des Stromes fast compensirt wird. Der zum unteren Ende des Muskels gehende Draht bestand aus einer äusserst dünnen und biegsamen Spirale.

Erst wenn das Präparat durch stundenlanges Experimentiren erschöpft ist, bei wenig erregbaren und leicht vergängli-

1) Siehe den hinten mitgetheilten Versuch.

chen Präparaten schon früher, hört die Constanz auf, die Rheochordwerthe wachsen schnell und regellos mit den Belastungen, und verhältnissmässig geringe Belastungen können gar nicht mehr gehoben werden.

Suchen wir nun für das gewonnene überraschende Resultat eine Erklärung. Zuerst giebt es uns wiederum, wenn es dessen noch bedürfte, einen entschiedenen Beweis, dass die Muskelarbeit kein Maass für den sie bewirkenden Reiz ist; denn dieselbe Kraft kann unmöglich verschiedene Arbeiten leisten, verschiedene Gewichte gleich hoch heben; wir haben uns also an die Auslösungstheorie zu halten. Auf den ersten Blick scheint unser Resultat auf ein Auslösungsprincip, wie das bei der Uhr, hinzudeuten; wir sehen scheinbar gänzliche Unabhängigkeit der frei werdenden Kräfte von den auslösenden. Die alltägliche Erfahrung jedoch, dass unter gewöhnlichen Umständen der stärkere Reiz eine stärkere Zuckung auslöst, stösst diese Anschauung sofort um, und zwingt uns, nach einer anderen Erklärung zu suchen.

Offenbar werden die eigenthümlichen Bedingungen, unter denen sich der Muskel befindet, sowie das „Minimale“ der Zuckungsgrösse bei einer solchen hauptsächlich zu berücksichtigen sein. Der mit 300 Gramm belastete Muskel ist ein anderer Körper, als der nur 5 Gramm tragende; seine Spannkräfte sind andere, und nur so ist es denkbar, dass dieselbe auslösende Kraft verschiedene Arbeiten bewirken kann. Ist ein Muskel durch eine Belastung gedehnt, und die sog. „elastische Nachdehnung“ vorüber, so stehen jetzt die elastischen Kräfte mit den dehnenden völlig im Gleichgewicht; die geringste Vermehrung jener, und ebenso die geringste Verminderung dieser wird eine minimale Verkürzung herbeiführen.

Ehe wir weiter gehen, bedarf es noch einer Verständigung über den Begriff des „Minimalen“, wie wir ihn hier gebrauchen. Die minimale Verkürzung ist bei den Verhältnissen unseres Apparates eine ganz bestimmte, durchaus nicht unendlich kleine Grösse, nämlich das Doppelte derjenigen Entfernung zwischen n und o, welche zur Entmagnetisirung des Elektromagneten e

nöthig ist.[1]) Jede „minimale“ Zuckung ist also hier die Hebung eines Gewichts um diese ganz constante Hubhöhe, die wir der Kürze halber mit *v* bezeichnen wollen; denn alle noch kleineren Zuckungen fallen aus der Beobachtung, weil sie die Kette nicht öffnen; stärkere aber kommen gar nicht zu Stande, weil ihnen stets auf einer schwächeren Reizstufe die minimale hätte voraufgehen müssen, und diese schon die Glocke zum Tönen gebracht und jede weitere Reizung abgeschnitten hätte.

Das also, was zu erklären ist, ist kurz, dass eine bestimmte Kraft in dem mit einem kleinen Gewicht (p) belasteten Muskel Kräfte auslöst, die eine Erhebung dieses Gewichts um die Grösse *v*, also die Arbeit *vp* bewirken, und dass dieselbe Kraft bei dem mit dem grösseren Gewichte (*P*) belasteten Muskel die zur Arbeit *vP* nöthigen Kräfte frei macht, oder dass dieselbe Kraft bei verschieden belasteten Muskeln Kräfte auslöst, die den Belastungen proportional sind (unter der Bedingung zunächst, dass die Hubhöhe v sehr klein ist).

Wir haben oben gesehen, dass die belasteten Muskeln Vorräthe von Spannkräften (nämlich die elastischen) haben, welche ganz demselben Gesetze folgen, nämlich den dehnenden Kräften proportional sind. Was liegt also näher, als die Annahme, dass die ausgelösten Spannkräfte eben aus diesem Vorrathe genommen sind, dass der Reiz elastische Kräfte frei macht.

Man erkennt sofort, dass wir auf streng empirischem Wege auf die Weber'sche Theorie der Muskelthätigkeit gekommen sind, die in den Muskelcontractionen überhaupt nur Aeusserungen der Elasticität sieht.

Um nun unsere Erscheinung auf exacte Weise mit der Weber'schen Theorie in Einklang zu bringen, und einige daran sich knüpfende Fragen zu erörtern, wird ein näheres Eingehen

---

1) Freilich ist letztere Grösse ausserordentlich klein; eine ungefähre Bestimmung nach einer der Welker'schen ähnlichen Methode, mittels der Contactschraube, ergab, dass sie jedenfalls noch kleiner ist, als $^1/_{800}$ Mm, die minimale Verkürzung also kleiner als $^1/_{400}$ Mm.

auf jene Theorie von Nutzen sein, die, weil sie von ihrem Urheber nur mit kurzen Worten hingestellt und mathematisch nicht weiter verfolgt ist, schon öfter auf Missverständnissen beruhende Angriffe erfahren hat.

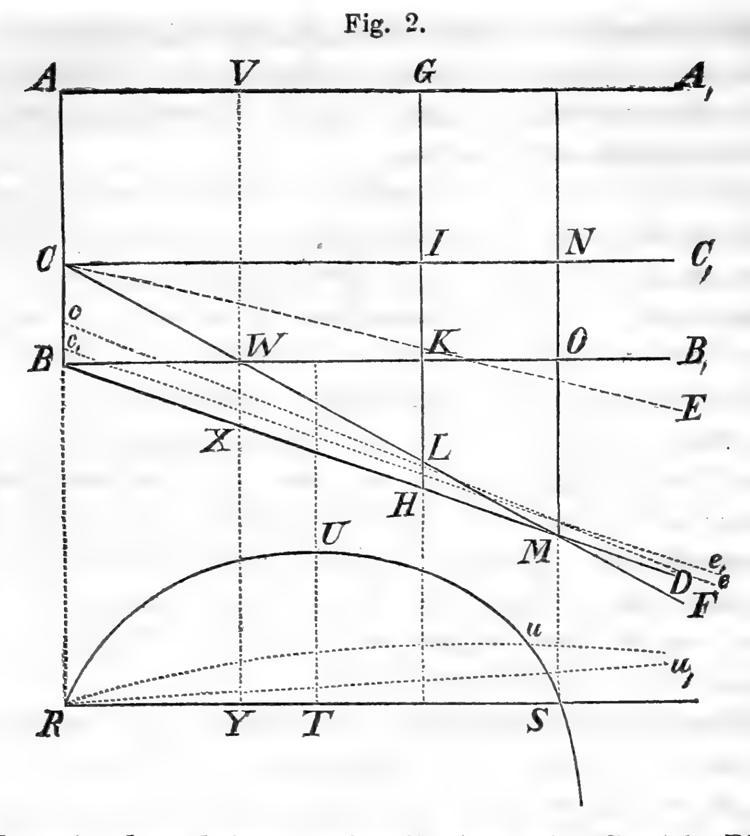
Nach Weber hat bekanntlich der Muskel sowohl für die Ruhe als für jeden Thätigkeitsgrad eine bestimmte natürliche Form, die er mit elastischen Kräften einzunehmen und zu behaupten sucht; sein Elasticitätsmodulus ist im thätigen Zustande kleiner als im unthätigen; Weber hat dies zwar zunächst nur für das Maximum der Thätigkeit direct nachgewiesen; indessen unterliegt es keinem Zweifel, dass dasselbe auch von den niederen Thätigkeitsgraden gilt, und dass die Elasticitätsverminderung eine gewisse noch unbekannte Function der Längenabnahme selbst ist. Zunächst wird sich aus der folgenden Entwicklung ergeben, dass unter diesen Voraussetzungen die Arbeiten, welche derselbe Reiz auslöst, bei verschiedenen Belastungen durchaus verschieden sind.

Bekanntlich folgt der Muskel, wie die organischen Körper überhaupt, in Bezug auf die Dehnungen durch Gewichte nicht dem für unorganische Körper gültigen Gesetze; denn während bei diesen die Dehnungen (innerhalb der Elasticitätsgrenzen) den Belastungen proportional sind, nehmen hier nach Wertheim's, Weber's und Volkmann's Untersuchungen[1]) mit steigenden Belastungen die durch gleiche Gewichtszuwächse bewirkten Dehnungen stetig ab, so dass, während dort die Dehnungscurve eine gerade Linie ist, sie hier eine hyperbolische Gestalt annimmt. Unsere Betrachtung wird sehr erleichtert werden, wenn wir vorläufig von diesem Verhalten absehen, oder die Eigenschaften des Muskels auf einen Körper von gleichmässiger Dehnbarkeit, etwa eine Spiralfeder, übertragen. Es sei daher $AB = L$ (Fig. 2) die natürliche Länge einer solchen Feder oder eines gleichmässig dehnbaren Muskels, und BD seine Dehnungslinie für die auf BB_1 als Abscissen aufgetragenen Belastungen (p).

---

1) Die Behauptung Wundt's (über die Elasticität feuchter organischer Gewebe, Müll. Arch. 1857. S. 298), dass innerhalb gewisser Grenzen auch hier Proportionalität herrsche, ist durch die Volkmann'sche Untersuchung (dieses Archiv 1859. S. 293) widerlegt.

Fig. 2.



KH = d ist dann beispielsweise die durch das Gewicht BK = p bewirkte Dehnung, wir können $d = ap$ setzen, worin a eine Constante (die Tangente des Winkels B_1BD) bezeichnet. Es wirke nun eine Kraft auf unseren künstlichen Muskel ein, der seine natürliche Länge L auf die Grösse AC = l vermindert. Bliebe seine Elasticität dieselbe, so müsste offenbar die Dehnungslinie des neuen Zustandes CE mit BD nach rechts divergiren, da sich die Dehnungen bei gleicher Belastung wie die Längen L und l verhalten müssten. Die Ordinatenabschnitte zwischen beiden Dehnungslinien, welche im Weber'schen Sinne den Verkürzungen entsprechen, müssten dann bei steigender Belastung zunehmen, die stärkeren Belastungen müssten bei gleichem Reiz höher gehoben werden, als die schwächeren. In der Wirklichkeit aber verhält es sich umgekehrt und eine Erklärung dafür finden wir in der zugleich mit der natürlichen Länge so bedeutend abnehmenden Elasticität, dass die neue Dehnungslinie CF mit BD convergirt, anstatt zu divergiren.

Jetzt nehmen also die Verkürzungen mit zunehmenden Belastungen ab. Nennen wir jetzt die Dehnung IL (d. h. die Dehnung des verkürzten Muskels l durch die Belastung p) δ, so ist δ ein gewisses Vielfaches von d, z. B. nd oder da $d = ap$ ist, $\delta = nap$. Bezeichnen wir nun noch die Verkürzung der natürlichen Länge BC $= L - l$ mit V, und die Verkürzung bei der Belastung p LH mit v, so ist IK + KH = LH + IL,

d. h. $$V + d = v + \delta,$$

oder $$V + ap = v + nap,$$

also $$v = V - (n-1)\,ap \qquad (1)$$

Die Dehnungslinien BD und CF müssen sich offenbar in einem Punkte M schneiden. Bezeichnet man die diesem Punkte entsprechende Abscisse BO mit P (d. h. die Belastung, bei welcher die Verkürzung $v = 0$ wird),

so ist $$0 = V - (n-1)\,a \cdot P$$

oder $$(n-1)\,a = \frac{V}{P};$$

Setzt man diesen Werth in die Gleichung (1), so erhält man:

$$v = V \cdot \frac{P-p}{P} \qquad (2)$$

Schon diese Gleichung ergiebt, dass die bei den verschiedenen Belastungen geleisteten Arbeiten $(v \cdot p)$ für denselben Reiz nicht gleich sein können, denn es müssten dann die Werthe von v den entsprechenden Werthen von p umgekehrt proportional sein. Noch klarer zeigt sich das Verhältniss, wenn man für die Arbeiten $vp = y$ eine Curve auf die Belastungen als Abscissen bezogen entwirft. Die Gleichung dieser Curve findet man sofort, wenn man (2) auf beiden Seiten mit p multiplicirt; es ist dann:

$$vp = y = \frac{V}{P}\,(Pp - p^2) \qquad (3)$$

Die Gestalt dieser Curve ist die in der Figur angegebene: RUS; sie besteht, wie die Rechnung ergiebt, aus zwei symmetrischen Hälften, und erreicht in der Mitte für $p = \frac{P}{2}$ ein Maximum TU $= \frac{VP}{4}$.

Für Belastungen, die grösser sind als P, erreicht natürlich

v einen negativen Werth, d. h. es tritt statt der Verkürzung Verlängerung ein, wie die Gleichung (2) und schon die Betrachtung der Figur ergiebt. Die Arbeitscurve geht daher jenseits S unter die Abscissenlinie, und zwar ausserordentlich steil.

Ehe wir zu den Verhältnissen bei minimalen Reizen übergehen, müssen wir jetzt dem Dehnungsgesetze des Muskels Rechnung tragen. Es sei (Fig. 3) AB $= L$ die natürliche Länge

Fig. 3.

eines ruhenden Muskels und BD seine Dehnungscurve. Jetzt können wir die Dehnung KH mit $d = F(p)$ bezeichnen, worin $F(p)$ das noch nicht genau bekannte Dehnungsgesetz für den Muskel bezeichnet. Ist nun AC $= l$ die natürliche Länge des thätigen Muskels für einen gewissen Reiz, und CF die neue Dehnungscurve, so können wir mit grosser Wahrscheinlichkeit annehmen, dass das Gesetz der Dehnungen dasselbe bleibt, dass nur wegen des verringerten Elasticitätsmodulus jede Ordinate ein Vielfaches, also das $n$fache der entsprechenden Ordi-

nate der Curve BD ist; es ist dann also $IL = \delta = nd = nF(p)$. Unter den alten Bezeichnungen haben wir jetzt also wieder:

$$V + F(p) = v + n \cdot F(p),$$

also: $$v = V - (n-1) F(p) \qquad (4)$$

Unter den angenommenen Bedingungen müssen sich wieder die Curven in einem Punkte M schneiden, für dessen Abscisse $BV = P$ die Gleichung gilt ($v = 0$ gesetzt):

$$F(P) = \frac{V}{n-1}$$

Es ist daher $$v = V \cdot \frac{F(P) - F(p)}{F(P)} \qquad (5)$$

und $$vp = y = Vp \cdot \frac{F(P) - F(p)}{F(P)} \qquad (6)$$

die Gleichung der Arbeitscurve. Da man die Function der Dehnungscurve nicht genau kennt, so lässt sich hieraus die Gestalt der Arbeitscurve nicht discutiren; indessen kann man, wenn man jene Function mit Wertheim als hyperbolisch annimmt, ungefähr auf den in der Figur gezeichneten Verlauf RUS, mit sehr weit nach vorn geschobenem Maximum schliessen.[1])

Bisher haben wir die Verkürzungen und die Arbeiten bei derselben Reizstärke unter verschiedenen Belastungen betrachtet, d. h. wir haben die einem bestimmten Thätigkeitsgrade entsprechende natürliche Länge l und den ihr entsprechenden Elasticitätsmodulus, den wir m nennen wollen, unserer Betrachtung zu Grunde gelegt,[2]) und so die verschiedenen Arbeits-

---

1) Die hier berechnete Gestalt der Arbeitscurve ergiebt sich auch aus den Versuchen Weber's, der („die Lehre von der Muskelbewegung" in R. Wagner's Handwörterbuch. III. 2. S. 96) bereits darauf aufmerksam gemacht hat, dass das Arbeitsmaximum bei einer gewissen mittleren Belastung eintritt (vgl. auch die Tabelle a. a. O.). Genaue Schlüsse darf man übrigens auch aus den Weber'schen Zahlen nicht ziehen, da alle Versuchsreihen mit maximalen (d. h. überschüssig starken) Reizen angestellt sind, und man diese nicht als constante Reizstärke betrachten kann.

2) Unser Factor n ist nämlich offenbar eine Zahl, die von den Veränderungen der natürlichen Länge und des Modulus abhängt; unter den oben angegebenen Bedeutungen ist, wie man leicht findet $n = \frac{lM}{Lm}$ (M ist der Modulus des unbelasteten ruhenden Muskels).

kräfte ermittelt, welche dieselbe auslösende Kraft unter verschiedenen Bedingungen frei macht. Lassen wir jetzt den Reiz stärker oder schwächer werden, so verändert sich die natürliche Länge des thätigen Muskels l, und mit ihr wächst oder vermindert sich auch der Elasticitätsmodulus m. Die Abhängigkeit zwischen l und m kennen wir noch nicht, da noch keine Versuche darüber existiren. Aber jedenfalls wissen wir, dass m eine mit l ansteigende Function von l, also $m = f(l)$ ist, die für $l = L$ den Grenzwerth $m = M$ erreicht (M ist der Elasticitätsmodulus des unbelasteten ruhenden Muskels). Ferner lässt sich so viel voraussagen, dass m immer kleiner sein muss, als $\frac{lM}{L}$; denn wäre $m = \frac{lM}{L}$, d. h. wären die Elasticitätsmoduli den natürlichen Längen proportional, so würden die Dehnungslinien BD und CF (Fig. 2) nicht convergiren, sondern parallel sein, wie eine einfache Ueberlegung ergiebt. Dasselbe gilt von den Dehnungscurven BD und CF (Fig. 3).[1])

Obgleich aber dies Gesetz der Abhängigkeit des Elasticitätsmodulus von den den Thätigkeitsgraden entsprechenden natürlichen Längen durch zukünftige Untersuchungen zu ermitteln ist, können wir doch für die uns hier zunächst interessirenden minimalen Verhältnisse ein sicheres Urtheil gewinnen. Wird nämlich der Reiz immer schwächer, l also immer grösser, so dass es zuletzt fast die Grösse L erreicht, so wird jedenfalls auch m fast genau den Werth von M erreicht haben; es wird also kaum noch ein Unterschied in den Elasticitäten von l und L existiren; die Dehnungslinie CF wird also, während der Punkt C immer näher an B rückt, zugleich immer mehr BD

---

1) Der Elasticitätsmodulus des Muskels ändert sich schon im ruhenden Zustande während der Dehnungen, und der Verlauf der Dehnungscurve ist eben der Ausdruck dieses fortwährenden Ansteigens des Modulus mit der Belastung. Man kann daher umgekehrt aus der Gleichung der Dehnungscurve eine Gleichung für den Modulus ableiten; es ist nämlich, wenn $d = F(p)$ ist, μ (der Differenzialmodulus) $= \frac{L + F(p)}{F'(p)}$ und der Anfangswerth des Modulus, beim Beginn der Belastung $M = \frac{L}{F'(p)}$. Auch hier ist $n = \frac{lM}{Lm}$, da $m = \frac{l}{n \cdot F'(p)}$ ist.

parallel verlaufen, so dass der Punkt M immer weiter in die Ferne rückt, bis zuletzt für den minimalen Reiz c,f, vollkommen als BD parallel angesehen werden kann. Jetzt ist natürlich die minimale Verkürzung *v* (l,H) bei allen Belastungen gleich, und die Arbeiten den Belastungen proportional. Letzteres zeigt auch die Arbeitscurve, welche bei schwächeren Reizen einen immer gestreckteren Verlauf nimmt, und endlich bei den minimalen nur noch in ihrer ersten Hälfte in Betracht kommt, die man jetzt als geradlinig ansteigend ansehen kann (Ru,). Ganz dieselben Betrachtungen gelten für das Curvenschema (Fig. 3).

So sind wir denn durch mathematisch strenge Folgerungen aus den Grundsätzen Weber's genau auf dasselbe Resultat gekommen, das die Beobachtungen ergeben haben und das zuerst paradox erscheinen musste; gewiss eine gute Bekräftigung jener so heftig angegriffenen Theorie. Uebrigens ergiebt sich aus den eben dargelegten Betrachtungen noch eine andere scheinbar paradoxe Folgerung, die ich aber ebenfalls im Laufe meiner Untersuchungen öfter zu bestätigen Gelegenheit hatte. Da nämlich der Schneidepunkt M bei den schwächeren Reizen immer weiter in die Ferne rückt,[1]) so müssen Belastungen, die durch einen gewissen Reiz nicht mehr gehoben wurden oder selbst Verlängerung bewirkten, durch schwächere Reize noch um sehr kleine Höhen gehoben werden.

Aus dem Bisherigen ergiebt sich, dass die Methode der minimalen Zuckungen des belasteten Muskels für die Beantwortung der uns vorliegenden Hauptfrage unbrauchbar ist, sobald wir ein allgemein gültiges Gesetz für die Abhängigkeit der Arbeitskräfte von den auslösenden finden wollen. Wir sind aber jetzt in den Stand gesetzt, auch die übrigen uns zu Ge-

---

1) Da nach Weber die Ermüdung sich wesentlich durch eine Zunahme der Elasticitätsverminderung bei der Thätigkeit charakterisirt (a. a. O. S. 116), so muss sie umgekehrt dem Punkt M immer näher rücken lassen. So erklären sich leicht die Bedingungen, unter denen Weber besonders die Verlängerung bei der Reizung gesehen hat, nämlich: Ermüdung, starke Reizung und starke Belastung (a. a. O. S. 81 (Muskel R), S. 99, 100, 116).

bote stehenden Methoden in dieser Beziehung zu beurtheilen und wir werden finden, dass keine von ihnen einen theoretischen Schluss erlaubt, so lange ein gewisses Gesetz noch nicht ermittelt ist, nämlich das der Abhängigkeit des Elasticitätsmodulus von den natürlichen Thätigkeitslängen ($m = f(l)$; s. S. 388.).[1])

Ein Beispiel hierfür wird sich bei der Betrachtung der Ueberlastungsmethode zeigen, die ich ebenfalls angewandt habe. Ist ein Muskel mit einem Gewichte π so verbunden, dass er dadurch nicht gedehnt wird, sondern seine natürliche Länge L beibehält,[2]) und lassen wir einen Reiz auf ihn wirken, der gerade stark genug ist, dass die Ueberlastung um ein Minimum gehoben wird, so sind jetzt offenbar die Spannkräfte des Muskels mit den dehnenden im Gleichgewicht, und wir haben einen thätigen Muskel, der das Gewicht π trägt. Die Länge dieses thätigen mit π belasteten Muskels ist dieselbe wie die des unbelasteten unthätigen Muskels (genauer: um ein Minimum kürzer; dies Minimum kann aber offenbar vernachlässigt werden). In unseren Figuren entspricht die Ordinate VY diesem Verhältnisse. Wenn $BW = \pi$ ist, so hat der mit π belastete thätige Muskel die Länge L ($VW = AB$). Der Reiz, der die minimale Hebung der Ueberlastung bewirkt hat, würde also offenbar, wenn die Ueberlastung Belastung gewesen wäre, das Gewicht π um die Höhe $WX = v$ gehoben haben. v ist aber in diesem Falle (Fig. 2) $= a\pi$ (die Dehnung durch das Gewicht π), oder in Fig. 3 $= F(\pi)$.

Wir tragen dem Muskel bei der Ueberlastungsmethode verschiedene Arbeiten auf und suchen den Reiz, der sie auszulösen im Stande ist; dieser Reiz, direct oder indirect, bewirkt

1) Da der wirkliche Modulus des Muskels sich mit den Belastungen ändert, so handelt es sich hier um die Anfangswerthe (vgl. S. 388 Anm.), denn nach unserer Voraussetzung (S. 386) müssen sich die Moduluswerthe des thätigen und unthätigen Muskels für dieselbe Belastung stets wie die Anfangswerthe verhalten.

2) Bei der Ausführung der Ueberlastungsmethode hat der Muskel nicht genau seine natürliche Länge, sondern er wird stets erst durch eine geringe Belastung gedehnt, ehe man die Ueberlastung auflegt; doch können wir dies hier unbeachtet lassen.

nach der Weber'schen Theorie eine gewisse Veränderung der natürlichen Form und Elasticität des Muskels, die so beschaffen ist, dass die Dehnung der neuen Form durch das Gewicht π gerade die alte Länge des ruhenden Muskels wiederherstellen würde. Wir suchen demnach für verschiedene Werthe von π die zugehörigen Werthe von V, oder was dasselbe ist, von l, und von m. Wir finden aber auch nicht diese direct, sondern die directen oder indirecten Reize, welche L in l und M in m verwandeln. Könnten wir nun nach der Weber'schen Theorie aus der Grösse π die Grössen l oder V und m berechnen, so wäre sehr viel gewonnen; wir hätten nämlich dann das Verhältniss der Reize zu den Umwandlungen der natürlichen Gestalt des Muskels ermittelt. Setzt man in die Gleichung (1) für p den Werth π und für v den Werth $a\pi$, so erhält man: $a\pi = V - (n-1)\,a\pi$, oder $a\pi = \frac{V}{n}$; setzt man ferner für seinen aus den natürlichen Längen und den Modulis resultirenden Werth, nämlich $n = \frac{lM}{Lm}$, und für $V = L - l$, so ist

$$a\pi = \frac{(L-l)\,Lm}{lM}$$

und ebenso aus Gleichung (4) abgeleitet:

$$F(\pi) = \frac{(L-l)\,Lm}{lM}$$

Wie man sieht, scheitert die Berechnung, selbst wenn die Dehnungen ($F(\pi)$) genau ermittelt sind, an der Unkenntniss der Abhängigkeit $m = f(l)$.

So haben denn also die Versuche mit Ueberlastungen keinen theoretischen Werth; sie haben nur den empirischen, dass man ungefähr die für verschiedene genau gemessene, dem Muskel aufgetragene Arbeiten nöthigen Reize vergleichen kann. Die dem Muskel aufgetragenen Arbeiten würden für unser geradliniges Schema $= a\pi^2$ zu setzen sein, für den Muskel selbst sind sie $= \pi \cdot F(\pi)$. Man sieht hieraus, dass die Arbeiten sich durchaus nicht wie die Ueberlastungen verhalten, sondern wie die Producte aus diesen in die Dehnungen, die sie am ruhenden Muskel bewirken würden, dass sie also viel schneller als jene wachsen. Schon hieraus lässt sich erwarten, dass die

Reizstärken viel schneller als die Ueberlastungen ansteigen werden.

Dies zeigen auch die Versuche. Ueber die Ausführung ist wenig zu sagen; der Muskel wird zuerst schwach belastet, dann der Contact no in bekannter Weise eingestellt, dann die Ueberlastung aufgelegt, die natürlich keine Dehnung bewirken kann, weil der Hebel ik durch den Contact gestützt ist. Jetzt wird der Reizapparat in Gang gesetzt, und die Reize bis zum Ertönen der Glocke verstärkt. Auf die genaueren Zahlen ist wegen eines Uebelstandes kein grosser Werth zu legen, den ich nicht habe vermeiden können. Lange ehe die Ueberlastung gehoben, also der Contact geöffnet wird, sieht man nämlich trotz der genauesten Einstellung bei jeder Schliessung ein leichtes Zucken des Muskels, das aber die Belastung nicht zu heben vermag. Die Ursache davon liegt wahrscheinlich in der ungleichen Spannung der Fasern; die weniger gespannten können sich verkürzen, ohne dass der Contact geöffnet wird; [1]) natürlich macht dies die Resultate ungenau. Dennoch tritt das oben besprochene schnelle Ansteigen der Reizstärken deutlich hervor, sowohl bei directer als bei indirecter Reizung. Ich theile jener Ungenauigkeit wegen nur eine Versuchsreihe mit, und daneben einen zugleich angestellten Belastungsversuch.

(Reizende Batterie: 2 Daniell'sche Elemente. Directe Reizung.)

Belastungsversuch.		Ueberlastungsversuch.		
Belastung	Rheochordlänge	Belastung	Ueberlast.	Rheochordlänge
5 Grm.	21,0 Cm.	5 Grm.	— Grm.	21 Cm.
10 „	21,0 „	5 „	10 „	23 „
30 „	21,0 „	5 „	30 „	27 „
50 „	21,1 „	5 „	50 „	40 „
70 „	21,3 „	5 „	70 „	57 „
100 „	21,3 „	5 „	100 „	74 „
250 „	21,5 „	5 „	250 „	122 „
300 „	21,8 „	5 „	300 „	wird nicht erreicht.

Wie man sieht, lässt sich aus den Zahlen des Ueberlastungsversuchs kein genaues Gesetz erkennen.

---

1) Besonders giebt beim Gastroknemius der eigenthümliche Faserverlauf zu diesem Verhalten Anlass; doch konnte ich keinen anderen Muskel statt seiner anwenden.

Die in dieser Arbeit mitgetheilten Versuche sind im Laufe des vorigen Jahres im hiesigen physiologischen Laboratorium angestellt. Herrn Prof. du Bois-Reymond, der mir die Räumlichkeiten und Apparate desselben mit seiner bekannten Liberalität zur Verfügung stellte, sei hier auch öffentlich mein innigster Dank ausgesprochen.

Beitrag zur Histologie der quergestreiften Muskeln.[1])

Von

Dr. Otto Deiters in Bonn.

(Hierzu Taf. X.)

Die Histologie der quergestreiften Muskeln ist in jüngster Zeit vielfach Gegenstand eingehender Untersuchungen gewesen. Dieselben haben von Neuem den Beweis geliefert, nach wie vielen Seiten hin der auf den ersten Blick einfach erscheinende Gegenstand eine Bearbeitung verlangt und wie verschiedener Auffassungen die Einzelheiten fähig sind; man darf wohl mit Recht sagen, dass jede Arbeit, welche wirklich zur Aufklärung beitrug, auch mehr Aufzuklärendes in den bisherigen Kreis der Anschauungen gebracht hat.

Seitdem die bedeutungsvollen Untersuchungen Brücke's den verschiedenen Hypothesen über die terminalen Verhältnisse der contractilen Substanz ein einstweiliges Ziel gesetzt haben, mussten andere Fragen in den Vordergrund treten. Unter diesen dürfte diejenige nach den genetischen Verhältnissen dieses Gewebes für den Augenblick eine hervorragende Bedeutung

1) Die Aufmerksamkeit, welche dem quergestreiften Muskelgewebe in jüngster Zeit in vorwiegendem Maasse zugewendet wird, veranlasst mich zur Veröffentlichung der nachfolgenden vor längerer Zeit zusammengestellten Notizen. Da die Resultate derselben durch die neuesten Arbeiten in diesem Gebiete nicht modificirt zu werden scheinen, so wird mir die Mittheilung auch ohne specielles Eingehen auf solche gestattet sein.

beanspruchen. Man hat zu der Ueberzeugung kommen müssen, dass, wie bei den übrigen Geweben des erwachsenen Organismus, auch hier das Verständniss des fertigen Gewebes nur an der Hand der Entwicklungsvorgänge möglich wird; man hat aber zugleich erkannt, dass das Verständniss der Entwicklungsvorgänge, nicht nur den Aufbau des Gewebes aus embryonalem Bildungsmaterial, sondern ganz besonders auch die morphologischen Veränderungen des fertigen Gewebes und den möglichen Aufbau dieses aus anderen, scheinbar nicht verwandten Geweben in sich zu begreifen hat. Im Einzelnen ist diesen Anforderungen mannichfach Rechnung zu tragen versucht worden. Eine Verständigung ist noch nicht erreicht. Die Hauptaufgabe, die histogenetischen Ergebnisse mit dem Befunde des fertigen Muskels in Einklang zu setzen, ist mit den bisherigen Resultaten nicht zu lösen.

Ein Theil der Beobachter denkt sich die contractile Masse des Primitivbündels durchzogen von einem System anastomosirender zelliger Elemente, den längst bekannten Muskelkörperchen, welche früher als Kerne einfach auf das Sarkolemma bezogen wurden. A. Böttcher und C. O. Weber vertreten diese Ansicht ganz besonders. Die Untersuchung, am fertigen Muskel angestellt, hat gewiss alles gethan, wenn sie diese sogenannten Kerne als durch das ganze Primitivbündel vertheilt nachwies, wenn sie um dieselben einen hellen, häufig körnigen Hof als leicht zu beobachten lehrte, der sich regelmässig in eine obere und eine untere Spitze auszieht und oft genug, besonders an Querdurchschnitten, seitliche mit benachbarten anastomosirende Ausläufer erkennen lässt, wenn sie diese Körperchen unter glücklichen Verhältnissen zu isoliren lehrte, wenn sie dieselben mit flüssigen und sogar mit körnigen Massen erfüllte, wenn sie endlich in denselben den Ausgangspunkt pathologischer Producte (der fettigen Degeneration, der Eiterbildung u. s. w.) nachwies. Man sieht nicht ein, was von Seiten der directen Beobachtung, am fertigen Muskel angestellt, noch weiter geschehen kann, und als reines Beobachtungsergebniss ist daher diese Lehre einer Discussion einstweilen nicht wohl fähig. Die nachfolgenden Zeilen gehen im Allgemeinen von

der Richtigkeit derselben aus und ohne alle Einzelheiten (z. B. die selbständige isolirt denkbare Zellmembran, die mannichfachen seitlichen Anastomosen u. s. w.) für allgemeingültig erwiesen zu erachten, suchen sie für das Princip den histogenetischen Beweis zu geben. Sie müssen damit begreiflicher Weise mit den hauptsächlichsten gegenwärtig angenommenen histogenetischen Theorieen in dieser Sache in Widerspruch treten. Höchstens die neuen Angaben von Margo, die ich später zu erwähnen habe, würden mit der angegebenen Ansicht über die Structur des Muskelprimitivbündels in Einklang zu bringen sein; den Widerspruch, den Margo selbst hier zu finden glaubt, kann ich nicht finden. Denkt man sich aber in dem Primitivbündel ein anastomosirendes, indifferentes Zellennetz, umgeben von der contractilen Masse und abgeschlossen durch eine structurlose Membran (das Sarkolemma), so kann dasselbe unmöglich einer einzigen Zelle oder einer Zellenreihe in der Art seinen Ursprung verdanken, dass die contractile (quergestreifte) Masse Zelleninhalt, das Sarkolem Zellmembran sei.

Es bedarf also keiner weiteren Erörterung, wie viel hier noch zu einer Verständigung fehlt und wie es vor Allem auf eine Entwicklungstheorie ankommt, nach der sowohl die spätere Structur des Primitivbündels, als die späteren Entwicklungsvorgänge erklärt und verstanden werden können. Ich hatte deshalb schon vor einiger Zeit die histogenetischen Verhältnisse nach einer Richtung hin untersucht, welche bis jetzt unberücksichtigt geblieben ist, und ich theile meine Ergebnisse, soweit sie abgeschlossen sind, mit, da ich in nächster Zeit nicht in der Lage bin, dieselben fortzusetzen und zu verallgemeinern. Es war nämlich die Möglichkeit des Entstehens von quergestreiftem Muskelgewebe aus anderen, nicht verwandten Geweben, insbesondere aus dem Bindegewebe, welche ich mir zur Untersuchung vorgesetzt hatte und von der ich hoffen musste, einen nicht unwesentlichen Beitrag zum Verständniss des Primitivbündels zu erhalten. Da nach dieser Seite hin die Geschichte des fraglichen Gewebes noch nicht untersucht ist, so dürfte die Mittheilung nachfolgender Ergebnisse gerechtfertigt sein.

Es mag mir, ehe ich dazu übergehe, gestattet sein, die Beziehung dieser Frage zu einer anderen verwandten hervorzuheben, welche mir zu dieser Untersuchung Veranlassung gegeben hatte, die aber nach Beantwortung dieser Nebenfrage das Interesse mehr oder weniger verloren hat, ich meine die Lehre vom Wachsthum des Muskels im Ganzen. Die letztere ist zum Oefteren discutirt, und unter Anderen auch von mir in meiner Dissertation (De incremento musculorum, Bonnae 1856) behandelt worden, deren Resultate wenig bekannt geworden sind. Die Frage war so gestellt worden: entstehen in nachembryonaler Zeit, also in dem wachsenden Muskel, noch neue Primitivbündel, oder ist die Zahl von Anfang an eine bestimmte, und geschieht dann also das Wachsthum des ganzen Muskels nur durch eine Volumszunahme sämmtlicher Primitivbündel. In dieser Form hat eigentlich die Frage kein besonderes Interesse; sie wird erst wichtig durch ihre histologische Seite, wenn nämlich nach Feststellung der Möglichkeit des späteren Entstehens der Modus eben dieser Entstehung klar erkannt wird. Die Frage war daher folgendermassen zu stellen:

Der wachsende Muskel besteht aus dichtgedrängt neben einander stehenden Primitivbündeln, welche durch ein mehr oder weniger entwickeltes, lockeres Bindegewebe verbunden sind. Sollen also neue Bündel entstehen, so muss dies entweder von den schon vorhandenen aus durch Theilung oder aber in dem zwischenliegenden Bindegewebe aus den Elementen eben dieses Gewebes heraus geschehen. Eine Theilung kommt nicht vor. Es fragt sich also: lässt sich die Entwicklung des quergestreiften Muskelgewebes direct aus Bindegewebe als möglich nachweisen und ist demgemäss vielleicht überhaupt die Kluft, welche Muskelgewebe und Bindegewebe histologisch trennt, so gross nicht, als dies gewöhnlich angenommen zu werden pflegt?

Die Frage scheint von manchen Beobachtern ohne weiteres als eine zu bejahende angenommen worden zu sein, ohne dass aber der allgemeingültige Beweis in den betreffenden Arbeiten zu finden wäre. Die Wiederaufnahme war also motivirt. Die Entscheidung musste, wie begreiflich, solchen Fällen entnom-

men werden, wo im fertigen Organismus neu entstehende Primitivbündel mit Sicherheit zur Beobachtung gebracht werden können.

Solcher Verhältnisse giebt es zwei: Die pathologische Neubildung und die Regeneration.

Ueber die erstere stehen mir keine eigenen Beobachtungen zu Gebote; die zum Theil seit längerer Zeit in der Literatur verzeichneten Fälle scheinen mir eine Entscheidung vor der Hand nicht zu gestatten. Es versteht sich allerdings von selbst, dass in den Fällen von Entwicklung quergestreiften Muskelgewebes an Stellen, denen dieses normal fehlt, ein solches Verhalten a priori angenommen werden musste. Rokitansky (Heschl), Virchow, Billroth, Senftleben haben solche Fälle mitgetheilt. In allen diesen blieb die Art der Entstehung insofern unaufgeklärt, als das neugebildete Gewebe nicht auf das ihm den Ursprung gebende zurückgeführt werden konnte. Die meisten der mitgetheilten Formen zeigen schon das fertige Primitivbündel, die früheren schliessen weder hinsichtlich der Beobachtung, noch hinsichtlich der Erklärung jeden Zweifel aus. In allen wird die contractile Substanz als aus dem metamorphosirten Zelleninhalt hervorgegangen aufgefasst, aber zum Theil diese Auffassung durch Abbildungen erläutert, denen es vielleicht erlaubt sein dürfte, gerade die umgekehrte Deutung unterzulegen. Am genauesten und vorsichtigsten mitgetheilt ist der Fall von Virchow. „Die einzelnen Elemente waren hier lange, mässig breite und sich gegen die Enden hin verdünnende Faserzellen, gewöhnlich mit einem länglich-ovalen Kern und sehr deutlicher, mässig dichter Querstreifung versehen. Die Kerne lagen immer dem Zelleninhalt peripherisch an, denn bei gewissen Stellungen sah man die Kerne in eine hyaline Membran, welche sich vor und hinter ihnen etwas abhob, eingeschlossen an einer Wand hervorstehen, gleichsam in einer Hernie der Membran. An solchen Stellen liess sich die Querstreifung gewöhnlich nicht deutlich über den Kern herüber verfolgen. Hie und da legten sich diese Faserzellen mit ihren Enden aneinander, so jedoch, dass die hinter einander liegenden Zellen sich dachziegelförmig in einander schoben. Eine

wirkliche Verschmelzung der so gelagerten Zellen schien nicht vorzukommen. Eben so wenig liess sich mit Sicherheit feststellen, ob die quergestreiften Faserzellen aus einfachen glatten Faserzellen hervorgingen. Allerdings fanden sich solche zahlreich genug vor, allein sie konnten eben so wohl als Entwicklungsstufen von Bindegewebe aufgefasst werden.“ Virchow selbst fügt diesen Worten die Bemerkung hinzu, dass man oft einen Anschein von Querstreifung an Faserzellen findet, ohne dass man sie als musculöse betrachten kann.

Die Angaben von Billroth und von Senftleben enthalten im Ganzen diesen ähnliche Verhältnisse. In der Arbeit von Senftleben wird wohl die Möglichkeit, dass die quergestreifte Masse einfach als Intercellularsubstanz, speciell als Zellenausscheidung zu deuten sei, zuerst klar und bestimmt hingestellt, allerdings nur aus theoretischen Gründen erschlossen, welche eine solche Nöthigung nicht in sich zu schliessen scheinen.

Ausser den angeführten Angaben über Muskelneubildung an Orten, denen dieses Gewebe normal fehlt, ist noch der von C. O. Weber beschriebene Fall zu erwähnen, in dem neugebildete Primitivbündel in einer hypertrophischen Zunge beobachtet wurden. Der Beschreibung und den Abbildungen nach zu schliessen sind aber die hier beobachteten Formen, wenn auch jungen, so doch nicht jüngsten Datums, und sie können um so weniger zur Entscheidung der uns beschäftigenden Fragen beitragen, als die Erklärung des Beobachteten noch unter dem Einfluss der Lehre von einem organisirbaren plastischen Exsudate steht.

In allen übrigen Fällen, wo hypertrophische Musculatur untersucht wurde, konnte eine Neubildung nicht constatirt werden, wohl aber eine beträchtliche Volumszunahme sämmtlicher vorhandener Primitivbündel, welche die Volumszunahme des ganzen Muskels hinlänglich zu erklären schien.

Da demnach aus den Verhältnissen bei der pathologischen Neubildung, soweit die bisherigen Untersuchungen reichen, ein klares und zuverlässiges Bild des Entwicklungsmodus nicht gewonnen wurde, so glaubte ich in der Regeneration entfernter

Muskelpartieen ein zweckmässiges Mittel gefunden zu haben, um diese Frage in genügender Weise lösen zu können. Das Object der Untersuchung waren Froschlarven, bei denen die leichte Regeneration entfernter Schwanzstücke seit langem bekannt ist; Tritonenlarven leisten denselben Dienst.

Schon in den bisherigen Untersuchungen über normale Entwicklung der quergestreiften Muskeln spielen die Froschlarven eine Hauptrolle und sind mehrfach fast ausschliesslich zur Begründung der Theorie benutzt worden. Es ist deshalb hier vor Allem zu discutiren, in wiefern man es hier mit ganz einfachen Entwicklungsvorgängen zu thun hat, und ob nicht etwa schon beim einfachen Wachsen des unverkürzten Schwanzendes complicirtere Verhältnisse der Art, wie sie nachstehend beschrieben werden, obwalten. Ich glaube, dass das letztere allerdings durch die normale Anordnung der Musculatur in dem Froschlarvenschwanze wahrscheinlich gemacht wird. In dem unverkürzten Schwanzende giebt es nämlich eine kleine Spitze, in welche ausser der feinen Chordaspitze und dem sie umgebenden Bindegewebsstratum nur sparsame Gefäss- und Nervenverzweigungen, aber keine Muskeln hineinreichen. Die Anordnung in dem überstehenden Schwanze ist so, dass hier in regelmässiger Gruppirung übereinander stehende kurze Muskelprimitivbündelreihen durch schmale, bindegewebige (sehnige) Zwischenräume getrennt werden, wodurch eine mit blossem Auge erkennbare, treppenartige Anordnung entsteht. Ich weiss nicht genau, ob bei dem normalen Wachsen des Froschlarvenschwanzes immer der Spitze zunächst neue Primitivbündelreihen gebildet werden, oder ob nur die vorhandenen in die Länge wachsen; das erstere ist mir aber der bedeutenden Kürze der Bündel wegen wahrscheinlicher; ist dieses erstere aber der Fall, so muss es hier eine ganz physiologische Umwandlung von Bindegewebselementen in quergestreiftes Muskelgewebe geben. Die wirkliche Existenz dieser Möglichkeit lässt sich dadurch wahrscheinlich machen, dass fast dieselben Formen, welche gleich als der Regeneration zugehörig beschrieben werden, auch hier zur Beobachtung kommen können. Das Studium der Regeneration würde dann nur den Vortheil haben,

in Bezug auf das den Ursprung gebende Gewebe jeden Zweifel auszuschliessen und durch die raschere Entwicklung, den rascheren Wechsel der Formen, die charakteristischen Bildungen zu gleicher Zeit in grösserer Zahl und Mannigfaltigkeit zur Beobachtung kommen zu lassen. Sie würde also mit grosser Bestimmtheit die Umwandlung des fertigen Gewebes in Muskelgewebe demonstriren können. Ich nenne das constituirende Gewebe des Froschlarvenschwanzes ein fertiges und will damit nur die vollkommen fertige histologische Differenzirung aussprechen; es kommt für meinen Zweck nicht darauf an, den Nachweis der Bildung aus Bindegewebe, wie es im erwachsenen Organismus repräsentirt wird, geliefert zu haben, sondern eben nur aus einem der Bindesubstanzgruppe zugehörigen Gewebes, das sich in vollkommen normalem Entwicklungsgange in Muskelgewebe umwandelt. In dieser Hinsicht ist, glaube ich, das Object für alles das beweiskräftig, was in der nachstehenden Untersuchung von ihm verlangt wird.

Die Beobachtung der Folgen, welche die Entfernung eines Schwanztheiles der Froschlarve nach sich zieht, hat die Aufmerksamkeit zunächst und vor Allem auf die Theile zu richten, welche dem Schnitte zunächst liegen und unmittelbar von ihm getroffen sind.

Auf die entzündlichen Reizzustände, welche begreiflicher Weise als die erste Folge eintreten müssen, gehe ich nicht ein; sie sind so unbedeutend, dass sie von den beginnenden Wachsthumsvorgängen kaum zu trennen sind; einer vorübergehenden Kernvermehrung, welche ich in den zunächst getroffenen Muskeln häufig antraf, thue ich nur deshalb Erwähnung, um sie von der Theilnahme an dem weiteren Wachsthum auszuschliessen. Was schon durch die charakteristische Anordnung der Musculatur, noch mehr durch die bedeutenden Breitenunterschiede zwischen den älteren und den regenerirten Primitivbündeln wahrscheinlich gemacht wird, dass nämlich die überstehenden Muskeln an der Bildung der regenerirten ganz unbetheiligt sind, ergiebt die genauere histologische Untersuchung ganz unzweifelhaft.

(Fortsetzung folgt.)

Beitrag zur Histologie der quergestreiften Muskeln.

Von

Dr. Otto Deiters in Bonn.

(Hierzu Taf. X.)

(Fortsetzung.)

Während die Regeneration beginnt, beobachtet man in den Elementen aller betheiligten Gewebe in grosser Zahl diejenigen Formen, welche auf eine rege Fortpflanzung deuten. Zellen mit einem Kern und mehreren Kernkörperchen, Zellen mit getheiltem und doppeltem Kern, abgeschnürte Zellen u. s. w. sind in regelmässiger Reihenfolge in dem Bindegewebe sowohl wie in dem Epithel vertreten, während zugleich eine Gefässneubildung stattfindet, in einer Weise, die hier nicht näher zu erörtern ist. Während auf diese Weise die betreffenden Gewebe gleichzeitig regen Vermehrungsprocess eingehen, entsteht eine kleine neugebildete Schwanzspitze, in der bis zu einer gewissen Zeit nichts von musculösen Elementen wahrzunehmen ist. Wie lang dies Stück werden kann und wie lange Zeit es überhaupt dauert, bis neugebildete Muskelprimitivbündel auftreten, variirt sehr, sowohl nach der Jahreszeit als nach der Eigenthümlichkeit der untersuchten Individuen. Während bei den jungen Froschlarven die Regeneration sehr rasch von Statten geht und also dieses Stadium sehr rasch vorüber ist, dauert dasselbe bei den überwinternden viel länger und lässt sich hier die Zeit auch nicht annähernd bestimmen.

Man hat also auf diese Weise ein Parenchym einer homogenen, glänzenden Intercellularsubstanz mit einer Menge sternförmiger mit sehr vielfachen Ausläufern versehener Zellen erhalten, in denen häufig ein sich theilender Kern, häufig ein doppelter Kern erkannt wird. Die anastomosirenden Ausläufer

sind sehr lang und dem Rande des Schwanzes zunächst meist so charakteristisch angeordnet, dass die grössere Zahl einander nahezu parallel radienartig nach aussen gekehrt erscheint. In etwas anderer Weise werden diese sternförmigen Zellen in unmittelbarer Nähe der Chorda dorsalis gefunden, an der Stelle, wo später die Reihe von neuen Muskelelementen sichtbar wird. Die allgemeine Form derselben erscheint hier der Art modificirt, dass durch ungleiche Ausbildung der Ausläufer die Zellen entweder vollkommen oder nahezu spindelförmiger Gestalt sind. Diese Zellen geben das Bildungsmaterial für die neu entstehenden Muskelelemente ab. Hat man den Schwanz so weit wachsen lassen, dass schon eine ganze Strecke hinter einander gelegener neuer Muskeln beobachtet werden kann, so hat man die ganze Reihe von Entwicklungsstufen, welche die sternförmigen Zellen zu Muskelelementen durchmachen, klar vor Augen. Man kann dann zunächst die Beobachtung machen, dass nicht Schicht vor Schicht die neuen Muskelelemente neu und vollständig gebildet werden, so dass alle Bestandtheile der oberen Schichten nur zu wachsen brauchten, während sich die unteren erst bilden, sondern man findet noch in allen Schichten alle Entwicklungsstufen. Es fällt zunächst auf, dass die Gruppirung der Musculatur in dem neu gebildeten Stück noch nicht die oben angeführte regelmässige Ordnung einhält; man findet anfangs noch eine mehr unregelmässige Anordnung, der entsprechend das eine Bündel länger ist als ein anderes, in eine tiefer stehende Reihe hineingreift u. s. w. Man findet zugleich in gleich hoch stehenden Reihen nicht alle Primitivbündel in gleicher Weise entwickelt und hat also schon in dieser frühen Periode Wachsthumsverschiedenheiten anzunehmen, ohne die manche Vorkommnisse des fertigen Muskels nicht zu verstehen sind.

Ich gehe zu den Einzelheiten über. An der Grenze der Chorda dorsalis, an der Stelle, die in übergelegenen Stücken von den jüngsten Muskelelementen ausgefüllt ist, findet man, wie vorhin bemerkt, spindelförmige Zellen, langgestreckt, mit länglichem Kern und punktförmigen Kernkörperchen, als unmittelbare Uebergangsbildungen aus den sternförmigen Zellen

des umgebenden Bindegewebes. Nicht selten haben diese noch unvollkommene Sternform, indem noch mehrere Ausläufer, wenn auch untergeordneter Form, zu beobachten sind; das erstere aber schien mir die Regel. Beide Typen lassen sich als mögliche Ausgangspunkte einer Muskelneubildung nachweisen. Man findet nämlich als nächstes diesen Formen sich anschliessendes Bild eine solche langgestreckte Zelle, anfangs noch mit einem Kern, später mit mehreren, welche an der einen Seite der Zellwand einen langen, gleichmässigen Verdickungssaum trägt, der schon in der Weise des fertigen Primitivbündels in zwei Schichten (Substanzen) differenzirt erscheint (quergestreift ist) (Vergl. Fig. 2 u. s. w.). In seltenen aber wie ich glaube unzweifelhaften Fällen, habe ich einen solchen Saum gesehen, der noch keine Querstreifen zeigte. Ein solcher Saum liegt ausserhalb der Zelle; er hat die Breite einer Primitivfibrille, und so wie er breiter wird, lässt er leicht mehrere neben einander liegende Schichten erkennen, die eben so leicht in einzelne Fibrillen sich sondern. Während an der Zelle dieser Verdickungssaum sichtbar wird, behält sie im Ganzen ihre normalen Attribute. Auf der gegenüberstehenden Seite ist ihre Wand unverändert zu erkennen; zwischen ihr und dem grossen länglichen Kern liegt ein höchst feinkörniger, nie quergestreifter Inhalt, der selbst bei weit vorgerücktem Stadium des eben zu beschreibenden Processes in ziemlicher Menge und unveränderter Gestalt sichtbar bleibt. Wie schon oben gesagt, werden häufig an der Zelle, auch wenn der Verdickungssaum schon vorhanden ist, ausser den beiden Spitzen noch mehrere seitliche Ausläufer wahrgenommen (Fig. 2 c., Fig. 7), an denen von Querstreifen keine Spur wahrgenommen wird. Die beiden dem Verdickungssaum anliegenden Spitzen werden häufig von diesem abgelöst angetroffen, ja sogar die ganze Zelle kann sich unter glücklichen Verhältnissen, nach Insultationen des Präparates, von demselben trennen, ohne selbst alterirt zu werden (Fig. 2 b., Fig. 3, Fig. 4 u. s. w.). Besonders charakteristisch war in dieser Hinsicht ein Präparat, dem Fig. 3 entspricht, wo die ganze Zelle leicht in der Art von dem Saum getrennt werden konnte, dass diese nur noch mit der Spitze befestigt

blieb. Der auf diese Weise entstandene Saum erscheint fast immer mit durchweg glattem Rande und wird auch meist so gerade gerichtet angetroffen, dass die ganze Zelle dadurch eine mehr oder minder geradgestreckte Richtung erhält, die sie auch dann nicht verlässt, wenn sie von dem Saum abgetrennt wird.

Bei fortschreitender Entwicklung sieht man das auf diese Weise entstandene Gebilde in Länge und Breite in eigenthümlicher Weise zunehmen, so dass andere Bilder zum Vorschein kommen, wie sie Fig. 4, 5 ff. abgebildet sind. Man sieht dann Formen, an Länge wie an Breite zunehmend, und beiderseits Saum und Zelle in gleicher oder ungleicher Weise betheiligt. Dadurch müssen natürlich, je nachdem der eine oder der andere der hier zu beobachtenden Vorgänge die Oberhand hat, sehr verschiedene Formen zum Vorschein kommen, die zum Theil seit längerer Zeit bekannt sind und zu ganz anderen Ansichten Veranlassung gegeben haben.

Die Bilder, welche auf ein Wachsthum der Zelle deuten, zeigen einerseits den Breitendurchmesser vergrössert und den Inhalt vermehrt, also die ursprüngliche Spindelgestalt mehr oder weniger verwischt; auch der vermehrte Zelleninhalt bleibt dabei klar, ungetrübt, selten leicht körnig, nie aber quergestreift (Fig. 4 d.). Zugleich findet man in solchen Zellen den Kern etwas vergrössert, sehr selten aber mehrere Kerne in der Breite neben einander liegend (Fig. 5). Mehr in die Augen fallend ist das Wachsthum der Zellen in die Länge, wobei eine excessive Kernvermehrung längst beobachtet ist und die Theorie, welche das ganze fertige Primitivbündel aus einer Zelle herleitete, veranlasst hat. Diese Kernvermehrung ist so bekannt, dass darüber kein Wort zu verlieren ist; es scheint mir indessen, dass es nicht immer bei dieser einfachen Wucherung bleibt, sondern dass auch Einschnürungen um die neugebildeten Kerne von Seiten der Zellwand vorkommen, also auch die Zelle im Ganzen einer Theilung, einer Vermehrung fähig ist; für den zu beschreibenden Process ist diese Frage unwesentlich.

Auch der entstandene Saum ist einer Breiten- und Längenzunahme fähig. In beiden Richtungen ist es während der Zu-

nahme nicht möglich, quergestreifte und nicht quergestreifte Partieen zu beobachten; also wenn es ein Stadium giebt, wo der eben gebildete Saum noch nicht quergestreift ist (wofür allerdings einige Formen sprechen), so muss dieses so rasch vorübergehen, dass es sich der Beobachtung entzieht. Unter den Bildern, welche auf ein Wachsen des Saumes deuten, fallen zunächst und zumeist solche auf, bei welchen derselbe breiter erscheint, wie in den jüngsten zuerst beschriebenen Formen. Auch der breitere Saum zeigt immer vollkommen scharfe Conturen, nie unregelmässige Ränder und eine in seiner ganzen Länge fast vollkommen gleich bleibende Breite, die nur gegen das Ende hin etwas zugespitzt sein kann. Schon bei den frühesten Formen eines wirklich gewachsenen Saumes ist eine Längsstreifung leicht und ohne Anwendung eingreifender Reagentien zu beobachten, welche je nach dem Vorgeschrittensein des Processes den quergestreiften Theil in eine mehr oder minder grosse Zahl gleich breiter Längstheile zu zerlegen scheint. Sehr leicht zerfallen letztere in wirkliche Fibrillen, deren also der Saum mit zunehmendem Wachsthum eine regelmässig zunehmende Zahl erhält. Zur Untersuchung dieser Verhältnisse dienen am besten frische Präparate, zur Verdeutlichung mit verdünnter Jodtinctur gefärbt, bei grösseren Individuen aber, wo nur auf Durchschnitten passende Bilder erhalten werden, — Präparate mit doppeltchromsaurem Kali bereitet. Chromsäure passt nicht. Es kommt zur Schätzung dieser Verhältnisse wenig darauf an, ob man die wirkliche Trennung in Fibrillen der Präparation, dem Reagens zuschreibt; es ist nur die völlige Gleichmässigkeit der durch jedes Hülfsmittel erhaltenen Fibrillen und die regelmässige Zunahme dieser Theile von den jüngsten Formen zu den ältesten zu beachten. Dieselbe deutet dem zu beschreibenden Vorgang gemäss auf eine regelmässig schichtweise Absetzung der quergestreiften Substanz, deren einzelne Schichten den später sogenannten Fibrillen entsprechen. Insofern würden dann die Fibrillen in dem Primitivbündel wirklich präexistirende Gebilde sein, ohne dass damit aber zugleich die Nothwendigkeit gegeben ist, dass die-

selben dies auch noch in der späteren Entwicklung des Primitivbündels bleiben.

Nach der Spitze der muskelbildenden Zelle hin pflegen sich mehrere verbunden liegende Fibrillen meist etwas zugespitzt an einander zu legen, indessen kommen auch abgestumpfte Enden vor.

Auch die breiter gewordene Spitze wird von der Spitze der Zelle häufig abgelöst und frei abstehend gefunden.

Das Wachsthum der quergestreiften Masse in die Länge ist an und für sich einfach und nur insofern einer besonderen Besprechung bedürftig, als es sich um das Verhältniss der verschiedenen Wachsthumsrichtungen unter einander und zu dem Wachsthum der Zelle handelt.

Bei der Beobachtung dieser Verhältnisse findet man fast beständig eine gewisse Unregelmässigkeit, vermöge welcher entweder die eine oder die andere Wachsthumsrichtung die Oberhand behält.

Bezieht sich dies auf die Zelle, so nimmt diese an Länge und Breite zu, vermehrt die Kerne, vermehrt den homogen bleibenden nicht quergestreiften Inhalt, wird aus dem spindelförmigen Körper ein langes, kernreiches Band — während der Saum, der natürlich in der Länge nicht zurückbleiben kann, seine anfängliche Breite behält. (Vgl. Fig. 4 a.) Dies ist indess der seltenere Befund; viel häufiger werden andere Formen angetroffen, welche auf ein übermässiges Wachsen des Saumes deuten. Es kann vor allen Dingen vorkommen, dass der Saum in der Länge selbständig über die Länge der Zelle hinauswächst. Die charakteristischen Bilder, wo sich die Spitze der Zelle von der viel länger hinausragenden Spitze des quergestreiften Saumes gelöst hat, sind nicht gerade selten.

Es werden aber eben so gut Bilder gefunden, welche eine bedeutende Breitenzunahme des Saumes zeigen, während seine Länge unbedeutend bleibt und während die Zelle selbst ihre ursprüngliche Gestalt wenig verändert (Fig. 5, Fig. 7 a.). Neben den bis jetzt beschriebenen Formen finden sich unzweifelhaft, aber seltener andere, bei denen die muskelbildende Zelle nicht nur einen Verdickungssaum an einer Seite, sondern meh-

rere an verschiedenen Seiten stehende Säume absetzt. Ein solches Bild zeigt z. B. Fig. 4 b., wo sich die verschiedenen Säume unten zu einer Spitze zusammenlegen. Es kann unter solchen Verhältnissen, welche die selteneren zu sein scheinen, vorkommen, dass die Zelle schliesslich ganz von der quergestreiften Masse umgeben wird, wirklich innerhalb derselben gelegen ist.

In den eben beschriebenen Bildungen ist, wie ich glaube, das Princip gegeben, demzufolge wenigstens in dem vorliegenden Falle die Bildung der quergestreiften Masse von der Zelle aus geschieht. Die weitere Frage ist, auf welche Weise führt dieser Process zu dem abgeschlossenen Gebilde, welches als Primitivbündel bezeichnet wird? Die Beobachtung zeigt Formen, welche auf zwei Möglichkeiten deuten: Das Primitivbündel kann aus einer einzigen Zelle entstehen, es können sich aber auch mehrere Zellen zur Bildung eines Primitivbündels zusammenlegen.

Wenn eine einzige Zelle ein Primitivbündel bildet, so findet man eine solche Zelle gewöhnlich von einem quergestreiften Saum begrenzt, der an Breite und Länge einem jungen, aber in seiner Bildung vollendeten Primitivbündel entspricht. Die Zelle zeigt dann eine Reihe meist hinter einander gelegener, sehr selten zum Theil auch neben einander liegender Kerne und kann ihren homogenen Inhalt noch längere Zeit bewahrt haben. Die quergestreifte Masse, welche sich dann meist beiderseitig etwas zuspitzt, kann sich unter solchen Verhältnissen ganz oder zum Theil in Fibrillen zerfasern, ohne dass dabei die Zellmembran nothwendig zerstört zu werden braucht.

Auch in diesem Stadium kann die Zelle noch seitliche Ausläufer besitzen. Eine einzige Zelle kann noch auf eine zweite Art der Ausgangspunkt eines Primitivbündels werden; man findet Formen, wo die Bildungszelle schliesslich inmitten der quergestreiften Masse liegt; der Absetzungsprocess ist also in solchen Fällen nicht ein einseitiger gewesen.

Viel häufiger indessen als die eben beschriebenen Formen habe ich andere gefunden, wo an der Bildung eines Primitiv-

bündels mehrere Zellen betheiligt waren. Die meisten der abgebildeten Formen gehören dieser Kategorie an.

Die Bildungszellen legen sich in solchem Falle nie einfach hinter einander; seltenere Befunde von wirklich direct hinter einander liegenden Zellen, wie Fig. 2 a., werden natürlicher als durch Abschnürung getheilte angesehen. Die bildenden Zellen legen sich vielmehr entweder einfach neben einander (Fig. 3, Fig. 6 u. s. w.) oder was das Häufigere ist, etwas schräg neben einander, so dass sie sich zum Theil decken (dachziegelförmig). Die hier zu beobachtenden Formen gehören zu den für das Prinzip wichtigsten. Sie sind sehr verschiedener Art. Die einfachsten sind die, wo die quergestreifte Masse auf beiden Seiten entweder von je einer Zelle und ihren Derivaten oder von je einer Zellenreihe begrenzt wird, z. B. Fig. 6. Neben diesen finden sich andere, wo sich sogar drei Zellenreihen in dieser Art neben einander legen (Fig. 4 e.). Endlich sind unregelmässigere Bilder zu erwähnen, welche vielleicht die Mehrzahl ausmachen, wo die Zellen unsymmetrisch einander gegenüberstehen, wo die eine von der quergestreiften Masse umgeben ist, während die andere frei die letztere begrenzt u. dgl. m. (Fig. 8).

Von ganz besonderer Wichtigkeit ist in diesen Fällen einmal die Möglichkeit des Auseinandertretens der Fibrillen, dann aber ganz besonders die sehr verschiedene Theilnahme der zu einem Bündel gehörenden Zellen an der Bildung desselben. Eine solche Verschiedenheit beobachtet man zuerst hinsichtlich der einfachen zelligen Veränderungen. An demselben Primitivbündel findet man Zellen mit einer ganzen Reihe von Kernen und hinwiederum Zellen von einfach spindelförmigem Charakter und einfachem Kerne (Fig. 6). Aehnliche Verschiedenheit wird in dem Verhältnisse zu der quergestreiften Masse bemerkt. Es lässt sich oft genug deutlich zeigen, dass in solchen Fällen die scheinbar ganz gleichmässige quergestreifte Masse eines Bündels in einzelne Provinzen zu zerlegen ist, von denen jede einer besonderen Zelle als Matrix angehört. Nicht nur, dass die Masse häufig in so charakteristischer Weise auseinander tritt, wie in Fig. 4 e, es werden sogar Beispiele gefunden, wo

sich eine verschiedenartige Ausbildung dieser Provinzen nachweisen lässt. In Fig. 8 a, b, c, d sieht man vereinzelte, losgelöste, einer selbständigen Zelle angeheftete Fibrillen von viel geringerer Länge wie die Hauptmasse, ja sogar eine ganze einer Zelle angehörende Gruppe kürzerer Fibrillen wird beobachtet. Es hat bei dieser Bildung des Primitivbündels nichts Auffallendes, dass bei fortschreitender Entwicklung entweder alle Bildungszellen von der quergestreiften Masse eingeschlossen werden oder nur zum Theil innerhalb derselben liegen, zum Theil dieselben begrenzen. Sowie die Zelle ganz in der quergestreiften Masse liegt, ist ohne besonders günstige Lage meist nur der Kern oder die Kerne der Beobachtung zugänglich.

Auch in den Auffassungen des Primitivbündels von Leydig und Margo wird eine solche Zerlegbarkeit desselben angenommen. Sie giebt zugleich einen weiteren Anhaltspunkt ab für das Verständniss des Primitivbündels im Ganzen. Das das Bündel abschliessende Sarkolemma kann ihr zufolge unmöglich einfach als Zellmembran oder als Abkömmling einer Zellmembran aufgefasst werden, mag man sich diese als einer einzigen Zelle oder als einer Zellenreihe entsprechend denken. Es ist schwer, für die Bildung dieser Membran einen sicheren Anhaltspunkt zu finden, also den wirklichen Abschluss des Primitivbündels zu erkennen. In den bisher beschriebenen Formen war das Sarkolemma sicher noch nicht vorhanden. Die begrenzenden, zum Theil noch mit seitlichen Ausläufern versehenen Zellen, vor Allem aber die leichte Zerlegbarkeit der Fibrillen liefern den Beweis. Man muss also dasselbe für eine spätere secundäre Bildung halten, die man sich vielleicht am natürlichsten als eine schliessliche Erhärtungsschicht des die Fibrillen zusammenhaltenden Bindemittels denkt. Margo's Ansicht ist dieser sehr ähnlich. Ich sehe kaum eine andere Möglichkeit. Aus der Beobachtung aber den stricten Beweis zu liefern, würde misslich sein.

Ich schliesse die Angabe der directen Beobachtungsergebnisse damit, dass ich auf den leicht zu constatirenden Zusammenhang der muskelbildenden Zellen mit den Bindegewebsele-

menten der Sehne aufmerksam mache. Der Uebergang beider heterogener Gewebe, also der Abschluss des Primitivbündels zu beiden Enden ist daher nur insofern ein plötzlicher, als die beiderseitigen Intercellularsubstanzen unvermittelt an einander stossen; die zugehörigen Zellen stehen in Continuität.

Die erhaltenen Resultate glaube ich in folgenden Sätzen zusammenfassen zu dürfen:

1. Die Umwandlung eines der Bindesubstanzgruppe zugehörenden Gewebes in quergestreiftes Muskelgewebe ist möglich und nicht nur durch pathologische Beobachtungen, sondern auf ganz normalem Wege zu constatiren.

2. Sie geschieht in solchem Falle direct von den Bindesubstanzzellen aus, welche dabei ihre spindelförmige Gestalt, mitunter sogar ihre Sternform behalten.

3. Der Process besteht im Wesentlichen darin, dass die Zelle die quergestreifte Masse auf die äussere Zellwand absetzt; dieselbe hat demnach die Bedeutung einer Intercellularsubstanz.

4. Sie erscheint anfangs in Form eines einfachen, langen, glatten, sehr bald quergestreiften Verdickungssaumes, einer Fibrille entsprechend und nimmt zu, indem immer neue entsprechende Schichten nach aussen abgesetzt werden; je weiter vorgerückt der Process, in desto mehr gleichmässige Fibrillen lässt sich der Saum zerlegen.

5. Die Absetzung erfolgt meist einseitig, kann aber auch mehrseitig vorkommen.

6. Während dieses Processes wächst die Zelle unter bedeutender Kernvermehrung; gleichzeitig nimmt der quergestreifte Saum an Länge zu und kann sogar sehr weit über die Zelle hinaus sich verlängern.

7. Auf diese Weise kann eine Zelle die Bildung eines Primitivbündels bewerkstelligen; meist dagegen tragen mehrere dazu bei; letztere liegen nie gerade hinter einander, sondern entweder gerade neben einander oder der Art schräg hinter einander, dass sie sich zum Theil dachziegelförmig decken. Seitliche Anastomosen derselben wurden nicht gesehen.

8. Die Bildungszellen hängen mit den Bindegewebszellen des Sehnengewebes zusammen.

9. Das Sarkolemma ist das letzte Product des sich abschliessenden Primitivbündels; es ist nicht Zellmembran und wahrscheinlich den sog. Cuticularbildungen einzureihen.

10. Nach dem eben entwickelten Princip wäre das fertige Muskelprimitivbündel aufzufassen als eine Gruppirung meist spindelförmiger Zellen, durch eine unverhältnissmässig entwickelte, quergestreifte Intercellularsubstanz getrennt und durch eine Cuticularmembran abgeschlossen. Die spindelförmigen Zellen (Muskelkerne) werden durch die Entwicklungsgeschichte als Zellen charakterisirt, und haben vor der fertigen Bildung des Primitivbündels unzweifelhaft eine selbständige Zellmembran; ob letztere dagegen auch im erwachsenen Zustande den Muskelkernen noch zukommt, soll damit nicht gesagt sein und es ist dies eine Frage, über die die Entwicklungsgeschichte nicht zu entscheiden hat.

11. Es ergäbe sich demnach eine grössere Analogie zwischen den Bindesubstanzen und dem quergestreiften Muskelgewebe, als man bisher annehmen konnte.

Die vorstehend mitgetheilten Untersuchungen sind allerdings ebenso wie die daraus gezogenen Schlüsse nur einem Untersuchungsobjecte entnommen, und es kann ihnen demnach der Anspruch auf allgemeine Geltung wohl mit Recht bestritten werden. Indem ich dies gern zugebe, muss ich doch vor Allem hinzufügen, dass sich das Object, wie vorhin bemerkt, wahrscheinlich nur unwesentlich von dem ganz normal wachsenden Froschlarvenschwanze, dem vielleicht am meisten untersuchten Objecte, unterscheidet, ferner dass die Resultate zum Theil Bildern entnommen wurden, die auch anderen Beobachtern vorgelegen haben und nur anders erklärt wurden. Ganz besonders aber führe ich an, dass wohl nur nach der eben durchgeführten Anschauung die Structur des erwachsenen Primitivbündels und dessen pathologische Veränderungen verständlich werden. Es ist endlich wohl noch kein Beispiel bekannt, dass zwei ganz und gar differente histogenetische Processe wie die

intra- und extracellulare Bildung schliesslich ein und dasselbe histologische Product haben können.

Der Auffassung der Masse des Primitivbündels als Intercellularsubstanz und speciell als Zellenausscheidung, die, wenn auch bisher nicht bewiesen und nicht einmal bestimmt ausgesprochen, doch nicht gerade neu ist, stehen nicht nur die älteren histogenetischen Ansichten, als ganz besonders die neuen sorgfältigen Angaben von Margo entgegen. Bis vor Kurzem waren über die Entwicklung des Primitivbündels die Theorie von Schwann und die neuen von Remak (Kölliker u. A.) ziemlich allgemein genannt, und die letzte zumeist angenommen. Sie laufen darauf hinaus, dass ein Primitivbündel histogenetisch entweder einer einzigen, excessiv wuchernden Zelle ihren Ursprung verdankt, oder einer Reihe hinter einander gelegener ursprünglich getrennter Zellen, deren Membran Sarkolem würde, während ihr Inhalt sich in die quergestreifte Masse metamorphosire. Beide Annahmen müssen verlassen werden, sobald man sich hinsichtlich der Structur des fertigen Bündels auf den besonders von Böttcher und C. O. Weber vertretenen Standpunkt stellt, demzufolge noch im erwachsenen Zustande die quergestreifte Masse von einem anastomosirenden Zellensystem durchzogen ist. Ich halte diese Angaben ihrem Wesen nach für richtig, wenn auch mit einigen Modificationen und glaube insbesondere, dass die vorstehend mitgetheilten Ergebnisse sehr zu ihrer Unterstützung beizutragen geeignet sind. Es gelang ihnen zufolge, die mit allen Charakteren einer Zelle versehenen isolirbaren Bildungszellen successive in die bekannten Muskelkerne zu verfolgen, es gelang ferner, dass Sarkolem als spätere Bildung nachzuweisen und endlich einen Zusammenhang der Bildungszellen mit den Elementen der Sehnen zu erkennen. Es wurde indess auch bemerkt, dass seitliche Anastomosen zusammentretender Bildungszellen nicht sicher gesehen wurden, und dass also darin die Entwicklungsgeschichte die obigen Angaben nicht unterstützen würde. Eben so wenig ist natürlich dieselbe im Stande, die um die späteren sog. Muskelkerne supponirte Zellmembran zu beweisen, also das ganz geschlossene Röhrensystem innerhalb des erwachsenen Primitiv-

bündels zu constatiren. Die Theorie verlangt indess dies letztere wohl kaum und die Angaben der genannten Untersucher werden dadurch in ihrer Bedeutung nicht modificirt. Die Physiologie der Zelle hat zu der Ueberzeugung geführt, dass eine Zelle sowohl in ihren ersten Stadien einer geschlossenen Membran entbehren kann, als auch dass sie, wenn ihr anfangs eine solche zukommt, dieselbe im Lauf ihrer Entwicklung verlieren kann, ohne damit in functioneller Hinsicht ihrer zelligen Bedeutung verlustig zu gehen.

Während also mit einer diesen Grundsätzen entsprechenden Ansicht über die Structur des fertigen Primitivbündels die älteren histogenetischen Ansichten nicht vereinbar sind und einer genaueren Widerlegung kaum bedürfen, verhält es sich anders mit den neuen ausgedehnten Untersuchungen von Margo. Nach diesen entsteht die contractile Masse des Primitivbündels durch Verschmelzung einer Gruppe von zelligen Elementen, welche sich etwas schräg neben einander legend verschmelzen, nachdem sich ihr Inhalt in charakteristischer Weise differenzirt, Querstreifen angenommen hat. In letzter Form werden sie Sarkoplasten genannt. Margo hat diese Ansicht mit der eben entwickelten Structur des fertigen Primitivbündels für so unvereinbar gehalten, dass er die desfallsigen Angaben einfach in Abrede stellte, wozu keine Berechtigung und auch keine Nöthigung vorliegt. Man kann sich recht wohl das Primitivbündel in analoger Weise entstanden denken, wie sich Kölliker die Entstehung des gewöhnlichen Bindegewebes denkt, dass nämlich nur ein Theil der constituirenden Zellen seinen Inhalt differenzirt und verschmilzt, Intercellularsubstanz wird, ein anderer dagegen in zelliger Form persistirt, die Muskelkörperchen abgiebt. Ich möchte diese Möglichkeit auch schon deshalb hervorheben, um den Beweis zu führen, dass die Annahme eines Zellennetzes innerhalb des Primitivbündels nicht nothwendig (wie Senftleben meint) die Deutung der contractilen Substanz als Zellenausscheidung a priori verlangt. Margo's Ansicht würde diesen intrafascicularen Zellen nur in dem allerdings zu beobachtenden Falle entgegenstehen, dass sich das Primitivbündel nur aus einer Zelle und ihren Theilungsproducten

hervorbildete. Nur in diesem Falle, den ich als ersten Einwand gegen Margo's Ansicht aufstellen möchte, wird die Annahme der contractilen Masse als eines ausserhalb der Zelle gelegenen Productes theoretisch gefordert. In allen anderen, welche die Mehrzahl zu sein scheinen, muss die Beobachtung die betreffenden Bilder zu Gunsten der einen oder anderen Ansicht zu deuten versuchen. Ich glaube allerdings, dass unter den beschriebenen und abgebildeten Formen die Mehrzahl wirkliche Beweiskraft besitzen, und ich will daher nur kurz die Gründe und Gegengründe für die eine oder andere Meinung neben einander stellen.

Die Hauptgründe dafür liegen, wie ich glaube, in Folgendem:

1. Ist die quergestreifte Masse Zelleninhalt, so kann sie sich in toto weder von der ganzen Bildungszelle, noch auch nur von der Spitze derselben loslösen. Fig. 2, 3, 4, 5 u. s. w.

2. Dieselbe kann sich unter keinen Umständen in Fibrillen sondern, ohne die Zellmembran zugleich zu zerstören.

3. Die Masse, als allmählige Metamorphose des Zelleninhaltes, darf nicht gleich anfangs in Form einer glatten, geraden Fibrille erscheinen. Vgl. Fig. 2.

4. Man muss bei entstehenden und wachsenden Zellen annehmen, dass allmählig die Zelle von der quergestreiften Masse ausgefüllt wird; statt dessen sind die ersten Zellen meist so schmal spindelförmig, dass sie manchmal kaum für eine einzige Fibrille Raum abgeben würden, und der homogene, weder körnige noch quergestreifte Inhalt nimmt anfangs noch in gleichem Maasse wie der quergestreifte Saum zu. Vgl. Fig. 2, Fig. 4 d. u. s. w.

5. Die quergestreifte Masse kann über die Zelle hinauswachsen.

6. Die Spitze derselben ist häufig genug schon anfangs abgestumpft, in jedem Falle aber der Zellenspitze nicht entsprechend.

7. Wenn mehrere Bildungszellen zusammentreten, so behalten dieselben ihre Individualität, sie sind entweder vollstän-

dig oder mit dem ihnen zugehörenden Theil der quergestreiften Masse isolirbar.

Den angeführten Punkten gegenüber darf man sich nicht verhehlen, dass eine solche Auffassung vieles scheinbar widersprechende, vieles Unerklärliche in sich schliesst. Dies liegt vor Allem in der Thatsache einer so eigenthümlichen Zellenausscheidung, von der es schwer hält, sich gegenwärtig einen klaren Begriff zu machen, und die wohl nur durch den Hinweis auf die entwickelten Zellenauscheidungen, deren die vergleichende Histologie täglich mehr kennen lehrt, plausibel gemacht werden kann. Das Paradoxe liegt hier wohl vor Allem darin, dass wohl kaum eine schon differenzirte Masse nach aussen abgesetzt werden kann, dass also das abgesetzte Product noch weiteren Veränderungen unterworfen sein muss. Ich will zu dem Ende nicht die zweifelhafte Beobachtung eines noch nicht differenzirten Saumes anführen; im Gegentheil ist zuzugeben, dass es sich hier um Verhältnisse handelt, welche der Beobachtung noch nicht zugänglich sind, also nicht nach der einen oder anderen Richtuug benutzt werden dürfen. Es verhält sich ebenso mit der Frage, ob sich innerhalb eines und desselben Primitivbündels Altersverschiedenheiten hinsichtlich der quergestreiften Masse nachweisen lassen, eine Frage, zu deren Beantwortung die Hülfsmittel fehlen.

Ich glaube nicht, dass die eben besprochenen Beobachtungen direct angegriffen werden können, aus dem Grunde, weil die Hauptbeweise aus den verschiedenen Trennungsmöglichkeiten genommen sind, und also das Resultat selbst dann nicht geändert würde, wenn man einzelne der angeführten Bilder für durch die Präparation erzeugte Kunstproducte erklären wollte. Aus diesem Grunde glaube ich dieselben auch denjenigen Bildern entgegenstellen zu dürfen, welche bisher über die Entwicklung des Primitivbündels gegeben worden sind, und aus denen die entgegengesetzte Theorie hergeleitet worden ist. Die grösste Mehrzahl dieser Formen lässt gerade in dieser Frage beide Möglichkeiten offen und gestattet nach keiner Seite hin einen entscheidenden Beweis. Es wird mir erlaubt sein, als Beispiel auf die in Kölliker's Gewebelehre S. 204 abgebil-

dete Fig. 113, der die meisten der auch von anderen Forschern abgebildeten, wirklich ersten Entwicklungsstufen dem Wesen nach entsprechen, hinzuweisen. Es bedarf keines Beweises, dass in diesen Formen die quergestreifte Masse auch als ausserhalb der Zelle gelegen aufgefasst werden kann. Nur eine Beobachtung würde, glaube ich, der Verallgemeinerung der eben durchgeführten Anschauung geradezu entgegenstehen, nämlich die Existenz wirklich vollständig quergestreifter Zellen. Ich weiss nicht, ob solche von einzelnen Forschern mit vollkommener Sicherheit beobachtet worden sind; die Vorsicht, mit der vorurtheilsfreie Forscher über dieselben sprechen, darf wohl zu einigem Zweifel veranlassen. Ich habe dieselben nicht gesehen. Es ist aber gewiss von Wichtigkeit, dass selbst Untersucher, welche dieselben annehmen, auf die Täuschungen aufmerksam machen, zu denen der Anschein einer Querstreifung Anlass geben kann, und auf das Vorkommen von Querstreifen an Theilen, welche nicht musculös sind. Ich möchte hinzufügen, dass selbst ein quergestreifter Saum der Art, wie er eben beschrieben wurde, bei ungünstiger Lage sehr leicht innerhalb der Zelle zu liegen scheinen kann.

Im Vorhergehenden ist, wie ich glaube, die Möglichkeit dargelegt, dass aus Geweben, welche der Bindesubstanzgruppe angehören, Muskelgewebe sich entwickeln könne. Wenn man davon ausgeht, so ist eigentlich die Möglichkeit, dass auch in nachembryonaler Zeit im wachsenden Muskel neue Primitivbündel entstehen, evident bewiesen, und ich glaube, man kann sich mit dieser Möglichkeit begnügen, da ja auf die Kenntniss der absoluten Zahl wohl kaum viel ankommen dürfte. Die Frage nach der Wirklichkeit ist aber, wie schon angegeben, vor derjenigen nach der Möglichkeit zu discutiren versucht worden und der Unvollkommenheit der Methode entsprechend haben dabei sehr verschiedene Resultate zu Tage gefördert werden müssen. Seitdem indess Margo die wirkliche Neubildung als das Ergebniss der directen Beobachtung hingestellt hat, wäre die Frage abgethan, wenn dies auch

von anderer Seite bestätigt würde und wenn nicht Margo's sonst verdienstliche Angaben zu gerechten Zweifeln Veranlassung gäben.

Es mag mir daher gestattet sein, mit kurzen Worten noch einmal die Resultate meiner Dissertation, welche diese Frage behandelt, zu berühren, die bisher nicht gesondert veröffentlicht wurden und daher wenig bekannt geworden sind, die ich aber gegen einige neue Widersprüche in Schutz nehmen möchte.

Dieselbe ging von der gewiss richtigen Voraussetzung aus, dass es nur eine directe Methode giebt, die ein positives Resultat möglich macht, nämlich den Nachweis von im fertigen Muskel vorkommenden Primitivbündeln mit embryonalem Charakter. Da dieser Nachweis nicht zweifellos geliefert ist, auch schwer zu liefern scheint, so musste nach einer indirecten Methode gesucht werden. Eine solche hängt wesentlich von der Art der Fragestellung ab.

Wird die Frage so gestellt: ist ein Unterschied in dem Zahlenverhältniss zwischen jungen und alten Muskeln nachzuweisen, so wird das Resultat nur dann zu brauchen sein, wenn sich ein solcher zum Vortheil des erwachsenen Muskels herausstellt und zwar dies aus dem Grunde, weil die Möglichkeit vorliegt, dass nicht alle Primitivbündel des embryonalen Zustandes das spätere Alter erreichen, sondern früher zu Grunde gehen. Im anderen Falle würde allerdings ein beweisendes Resultat gewonnen sein. Ich ging indessen und gehe noch jetzt von der Ansicht aus, dass die absolute Zahl nicht zu bestimmen ist und berufe mich dabei auf Folgendes:

1. Die Zählung durch Isolirung sämmtlicher Primitivbündel ist nicht möglich, jedenfalls der Versuch keine die unsägliche Mühe lohnende Arbeit; soll etwas bewiesen werden, so müssten Hunderte von Muskeln in solcher Art behandelt und verglichen werden, eine Arbeit, die hoffentlich Niemand unternehmen wird.

2. Die Zählung auf dem Durchschnitt ist nicht thunlich, weil nur in den wenigsten Muskeln die Primitivbündel in gerader Richtung den ganzen Muskel durchziehen, im Gegentheil

die meisten nach einem schiefen Verlauf im Inneren des Muskels enden.

3. Die Berechnung aus dem durchschnittlichen Volum eines Primitivbündels und dem Volum eines ganzen Muskels stösst auf unüberwindliche Fehlerquellen. Bei einem derartigen Versuche findet sich in meiner Dissertation ein grober Fehler, der von Seiten einiger Berichterstatter eine nur zu nachsichtige Rüge erfahren hat und wegen dessen ich nachträglich um Entschuldigung bitte.

Aus den angegebenen Gründen glaubte ich für die zu lösende Frage eine Antwort nur auf Umwegen erhalten zu können. Zu dem Ende wurde zuerst der Nachweis geführt, dass überall, wo neu entstehende Primitivbündel znr Beobachtung kommen, diese schmal beginnen und mit fortschreitendem Wachsthum eine stetige Breitenzunahme zeigen. Dieser Satz wurde durch eine sehr grosse Zahlenreihe bewiesen, deren Resultate anzugeben genügen wird. Dieselben wurden zuerst der Untersuchung junger und älterer Thiere in allen Stadien des Wachsthums entnommen. In zweiter Reihe wurden an demselben Thiere jüngere und ältere Muskeln verglichen; ein Beispiel der Art geben die Batrachierlarven, wo die Muskeln der später entstandenen Extremitäten mit den Muskeln des Stammes verglichen werden konnten. Es kam dann darauf an, kurz entstandene Muskeln eines erwachsenen Thieres zu untersuchen; auch die Reproduction (es war das in vorstehenden Zeilen genauer durchgeführte Object gewählt) und die pathologische Neubildung, so weit die Beschreibung der bis dahin in der Literatur verzeichneten Fälle ausreichte, gaben dasselbe Resultat.

In allen diesen Fällen konnte demnach der oben verlangte Nachweis ausnahmslos geliefert werden. Wenn schon in diesem Factum und in der Unmöglichkeit, Primitivbündel mit embryonalem Charakter in dem wachsenden Muskel nachzuweisen, die Neubildung solcher während des Wachsens unwahrscheinlich wurde, so kam es in zweiter Reihe darauf an, gewisse Widersprüche zu heben, welche gegen diesen Satz besonders aus der Structur des fertigen Muskels entnommen werden konnten; es kam darauf an, die Wachsthumsverhältnisse im einzelnen

genauer zu analysiren. Diese Einwürfe liegen zuerst in der wirklich beobachteten Neubildung unter pathologischen Verhältnissen, dann aber und vor Allem in der bedeutenden Grössenverschiedenheit der Primitivbündel in ein und demselben Muskel. Es liegt nahe, hier Primitivbündel von verschiedenem Alter vorauszusetzen.

Was den ersten Einwand angeht, so versteht es sich von selbst, dass pathologische Data nicht ohne Weiteres auf normale Verhältnisse angewendet werden dürfen, um so weniger, da in den meisten Fällen von Muskelhypertrophie wirklich eine Hypertrophie, keine Hyperplasie constatirt wurde. In Betreff des zweiten Einwandes glaubte ich aber eine bessere Erklärung in der Annahme von Wachsthumsverschiedenheiten der einzelnen Primitivbündel unter einander gefunden zu haben. Um diese wahrscheinlicher zu machen, wurden durch eine grosse Zahl von Messungen die nachfolgenden Sätze constatirt:

1. Die Muskelprimitivbündel verschiedener Thiere zeigen constante Grössenunterschiede.

2. Auch die Primitivbündel verschiedener Muskeln- ein und desselben Thieres zeigen constante Unterschiede.

3. Ebenso variiren die Bündel in ein und demselben Muskel, doch so, dass sich eine charakteristische Mittelzahl aufstellen lässt, die in verschiedenen Muskeln verglichen werden kann.

4. Die von der Mehrzahl der Bündel eines Muskels durch geringere Breite ausgezeichneten Bündel liegen hier nicht an bestimmten Punkten vereinigt, sondern ganz durch den Muskel zerstreut.

5. Sehr selten verändert ein Bündel in seiner ganzen Länge bedeutend seine Dimension; kleinere Veränderungen sind häufig.

6. In den jüngsten Thieren sind alle Primitivbündel, sowohl in verschiedenen Muskeln, als innerhalb desselben Muskels an Grösse nur sehr unbedeutend verschieden; je mehr das Thier wächst, desto mehr treten die Unterschiede hervor.

7. In den verschiedenen Muskeln lässt sich während dieser Zeit ein ungleich rasches Wachsthum nachweisen, so z. B. be

Vergleichung der Schwanz- und Bauchmuskeln einer Froschlarve; das Verhältniss ist in solchen Fällen nicht der Art, dass nach gleich raschem Wachsen die Primitivbündel des einen Muskels früher zu wachsen aufhörten, wie die des anderen; in noch wachsenden Muskeln lassen sich diese Verschiedenheiten nachweisen.

8. Ein solches langsameres Wachsen lässt sich sogar künstlich erzeugen. Von zwei jungen, gleich alten Kaninchen wurde bei dem einen die Grösse der Bündel in den M. gastrocnemii bestimmt. Dem anderen wurde auf der einen Seite der N. ischiadicus durchschnitten. Nach Ablauf einer bestimmten Zeit wurde auch dieses Thier untersucht. Beiderseits wurden in den M. gastrocnemii breitere Bündel gefunden, wie bei dem anderen gleich alten vor dieser Zeit untersuchten Thiere. Doch waren in den Muskeln der Seite, deren N. ischiadicus durchschnitten war, die Primitivbündel schmäler wie diejenigen der gesunden Seite.

9. In den am wenigsten geübten Muskeln eines Thieres lassen sich ziemlich constant die schmalsten Primitivbündel nachweisen.

10. Das Volum eines Primitivbündels kann abnehmen. Von verschiedenen Beobachtern wurden die Primitivbündel atrophirter Muskeln verhältnissmässig schmal gefunden. Ich untersuchte die Primitivbündel solcher Muskeln, welche durch Nervendurchschneidung atrophirt waren. Einer Anzahl erwachsener Frösche wurde einerseits der N. ischiadicus durchschnitten. Nach Ablauf einer bestimmten Zeit wurde bei einer Vergleichung der beiderseitigen M. gastrocnemii derjenige der kranken Seite immer atrophirt gefunden (das Volum wurde beiderseits bestimmt), die Primitivbündel aber theils degenerirt, zum grösseren Theil aber von verhältnissmässig kleinerer Dimension.

Den erhaltenen Resultaten gemäss hat demnach die Annahme von Wachsthumsverschiedenheiten der Primitivbündel ein und desselben Muskels nichts gerade Unwahrscheinliches und sie kann, indem sie einen wesentlichen Einwand beseitigt, dazu beitragen, der Ansicht, dass das normale Wachsthum

des Muskels durch einfache Volumszunahme seiner Primitivbündel geschehe, die grösstmögliche Wahrscheinlichkeit zu geben.

Mehr sollten und konnten meine dermaligen Resultate nicht beweisen und ein bestimmtes Ergebniss kann, wie ich glaube, nur allein durch den directen Nachweis embryonaler Primitivbündel im wachsenden Muskel erlangt werden.

Einige seit der Zeit veröffentlichte Untersuchungen meines verehrten früheren Lehrers Budge haben indess diese Resultate zweifelhaft gemacht. Da ich selbst dieselben trotzdem für richtig halte, so gestattet mir derselbe gewiss gern, meine Bedenken gegen seine Schlussfolgerungen hier mitzutheilen.

Budge hat wirklich den Versuch gemacht, die Muskelprimitivbündel direct zu zählen und Zahlen erhalten, welche den eben angegebenen Resultaten entgegenzustehen scheinen. Er ging dabei von der Auffindung eines Mittels (Mischung von Salpetersäure und chlorsaurem Kali) aus, die einzelnen Primitivbündel so glatt und schön zu isoliren, dass dieselben bequem gezählt werden können. Ein solches Reagens muss die Eigenschaft besitzen, das die Primitivbündel verbindende Bindegewebe entweder vollständig aufzulösen oder in einen Zustand zu versetzen, dass es bei der geringsten Insultation zerfällt. Es hat nach Budge die zweite Eigenschaft, in einem weiteren Stadium der Einwirkung die Hülle des Primitivbündels aufzulösen, endlich dessen Inhalt, die contractile Masse, in eigenthümlicher Weise zu zerlegen.

Die erste Frage ist natürlich, hat das Reagens die angegebenen Eigenschaften und ist es demgemäss im Stande, die Primitivbündel in verlangter Weise zu isoliren? Hinsichtlich dieses Punktes halte ich mich, da ich mich mit den betreffenden Versuchen vielleicht nicht lange genug beschäftigt habe, ganz an die Angaben von Budge selbst, aber ich sehe gerade darin den Beweis, dass das Reagens im Stande ist, das Primitivbündel sowohl der Länge wie der Quere nach zu theilen, und also die Zahl derselben künstlich zu vermehren. Ich glaube kaum, dass eine solche künstliche glatte Trennung etwas Auffallendes hat, habe wenigstens selbst oft genug derartige Bilder vor Augen gehabt und möchte besonders darauf hindeuten, wie leicht

der Anschein eines stumpfen abgerundeten Endes künstlich erzeugt werden kann.

Die Entgegnung liegt nahe, dass dem Reagens gerade bei einem bestimmten Grade der Einwirkung die in Budge's Versuchen ihm beigelegte Fähigkeit zukommt.

Ich muss das zugeben, aber keinesfalls kann dann für junge und alte Muskeln diese Einwirkung dieselbe sein; es muss dann nicht nur jedes für Individuum, es muss für jeden Muskel eine bestimmte Zeit geben, binnen welcher das Reagens die Primitivbündel isolirt hat und binnen welcher Längs- und Quertheilungen künstlicher Art vermieden werden. Eine zweite Frage, ob bei wirklicher Isolirung die Zählung möglich sei, darf nicht erhoben werden, da Budge den Versuch wirklich durchgeführt hat. Die grosse Kleinheit der jugendlichen Primitivbündel dürfte eine solche Frage vielleicht besonders aus dem Grunde zu rechtfertigen scheinen, weil durch die gleich anfangs auftretenden Wachsthumverschiedenheiten manche Bündel eine Kleinheit behalten, die sie der Zählung mit Nadel und Loupe entziehen könnte.

Ich setze aber den Fall, die Methode ist vortrefflich, die Primitivbündel werden dabei gleichmässig in den verschiedensten Muskeln glatt und schön isolirt, künstliche Trennungen kommen nicht vor — so erhält man also im besten Falle die richtige Zahl der in dem untersuchten Muskel enthaltenen Primitivbündel. Es fragt sich, wie darf diese Zahl benutzt werden? Würde man sich an Budge's Resultate halten, so ergäbe sich ein so bedeutender Unterschied zwischen jungen und alten Muskeln, dass es leicht sein müsste, die neugebildeten Primitivbündel auch durch die directe Beobachtung nachzuweisen. — Nun sind aber Budge's Zahlen der Untersuchung einiger weniger Muskeln entnommen, und also auch im besten Falle die Fehlerquellen nicht umgangen, welche in individuellen Verschiedenheiten begründet sind. Die Schwankungen in Zahl und Grösse der Primitivbündel eines Muskels bei verschiedenen Individuen sind, wie ich wohl kaum durch Zahlen zu beweisen brauche, so gross, dass Hunderte von Muskeln in der angeführten Weise untersucht werden müssten, um, bei sonst voll-

kommener Methode, ein nur einigermassen brauchbares Resultat zu erhalten. Ich glaube um so weniger, dass Jemand diese Arbeit unternehmen wird, da die aufgewandte Mühe der geringen Wichtigkeit der Frage nicht entspricht, und da selbst das günstigste Resultat erst nach wirklicher Auffindung der neugebildeten Primitivbündel unzweifelhaft bestätigt wäre.

Auf diese reducirt sich der Kern dieser Frage, wie ich glaube, allein, und so lange sie nicht sicher gefunden sind, dürften wohl die angeführten Gründe ausreichen, um im wachsenden Muskel eine Neubildung von Primitivbündeln für im höchsten Grade unwahrscheinlich zu erklären. Dass derselben aber vom histologischen Gesichtspunkte aus nichts entgegensteht, wird eben durch die Möglichkeit der Umwandlung von Bindegewebe in quergestreiftes Muskelgewebe erwiesen.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Sternförmige und spindelförmige Zellen aus unmittelbarer Nähe der Chorda dorsalis aus der untersten Schicht, die noch keine Muskelelemente trägt. Bei a zwei weiter entwickelte Zellen mit vermehrten Kernen und je in der Mitte einer verdickten Falte (Anfang der Bildung des quergestreiften Saumes?).

Fig. 2. Die ersten Anfänge der Muskelbildung. Einige der Bilder (die unbestimmteren) entsprechen den bisher verbreiteten Abbildungen.

a. Zwei hinter einander liegende durch einen einfachen quergestreiften Saum zusammengehaltene Zellen werden von zwei noch unveränderten spindelförmigen Zellen begrenzt. Aus den Uebergangsformen zu schliessen, sind die beiden Zellen Theilungsproducte einer einzigen. Der Saum hat, wie in allen Bildern dieser Figur, die Breite einer Fibrille.

b. Spindelförmige in Vermehrung begriffene Zellen mit einfachem Saum; der letztere hat sich zum Theil von der unversehrten Spitze der Zelle gelöst.

c. Aehnliche Bilder; die Zelle selbst in der Entwicklung weiter vorgerückt, der Saum noch einfach (einer Fibrille entsprechend), bei der einen über die Zelle hinausgewachsen. Bei zweien dieser Bilder hat die Zelle noch seitliche von dem Saum unabhängige Aeste. In allen wird die geradgestreckte Richtung bemerkt, welche die Zelle erhält, sowie sich der

Verdickungssaum bildet und welche auch der isolirten Zelle noch zukommt (vgl. Fig. 3).

Fig. 3. Zwei Abbildungen eines Präparates; ein etwas breiterer Saum liegt zweien Zellen an, von denen die eine bei der Präparation leicht zu entfernen (b).

Fig. 4. Weiter entwickelte Formen.

a. Sehr verlängerte, mit vielen Kernen versehene Zelle, aber mit einfachem Saum.

b. Vergrösserte Zelle mit mehrseitigem Saum, unten zu einer Spitze vereinigt; nicht an allen Säumen war in der ganzen Länge Querstreifung zu erkennen.

c. Erbreiterter Saum mit nur mässig entwickelter Zelle, deren eine Spitze von dem Saum entfernt ist; der Saum ungefähr in drei Fibrillen zu zerlegen.

d. Aehnliches Bild; der Inhalt der Zelle sehr vermehrt, aber durchaus hell, homogen.

e. Mehrere Bildungszellen zu einem Primitivbündel sich vereinigend; dieselben haben sich, ohne selbst alterirt zu sein, von einander getrennt, und je einen Theil der quergestreiften Masse behalten, der bei den einzelnen verschieden gross ist.

Fig. 5. Leicht verständlich; durch die Vermehrung der auch seitlich neben einander gelegenen Kerne bemerkenswerth.

Fig. 6. Verbindung mehrerer muskelbildender Zellen zu einem Primitivbündel; dieselben stehen einander einfach gegenüber, haben die quergestreifte Masse zwischen sich und sind in sehr verschiedener Weise ausgebildet. Sie setzen sich einerseits in einen sehnigen Theil fort, mit dessen Elementen sie zusammenhängen.

Fig. 7. Bemerkenswerth ist die vollkommene Sternform, die einzelne der muskelbildenden Zellen noch behalten haben.

Fig. 8. Unregelmässigere Gruppirung der muskelbildenden Zellen bei der Bildung eines Primitivbündels.

a. Die Zellen, deren Kerne nur zu sehen, liegen zum Theil innerhalb der quergestreiften Masse; an der einen Seite eine frei hervorstehende breite Zelle, auf der ein schmaler und kurzer Saum.

b. Die quergestreifte Masse zerfällt in einen kürzeren, einer Zelle dicht anliegenden Theil und einen längeren, von seinen Zellen zum Theil getrennten.

c. Unregelmässige Zellenanordnung; Trennung der quergestreiften Masse bei unversehrten Zellen; die eine losgelöste Fibrille von viel geringerer Länge.

d. Aehnlich; die meisten Zellen (Kerne) von der quergestreiften Masse umschlossen.

e. f. Leicht verständlich.

Untersuchungen über die Leitung der Erregung im Nerven.

Von

Dr. Hermann Munk in Berlin.

II.[1]

Wir wenden uns nunmehr der genaueren Untersuchung des Erregungsmaximum (Err.) des Nerven zu und ermitteln zunächst sein Verhalten nach der Trennung des Nerven vom lebenden Organismus.

Zwei Verfahren bieten sich uns hier dar. Entweder verwenden wir zur Erregung des Nerven stets Ströme von solcher Intensität, dass bis zu einer gewissen Grenze, welche vorher ermittelt ist, zweifellos durch sie das Err. erlangt wird: oder wir suchen erst bei der jedesmaligen Prüfung des Nerven die Stromstärke auf, welche gerade genügt, das Err. hervorzurufen. Das erste Verfahren haben wir bereits oben bei den Versuchen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung in Anwendung gezogen. Für die folgenden Versuche scheint auf den ersten Blick das letztere Verfahren den Vorzug zu verdienen, da es die Maximalerregung durch die möglichst geringe Menge von Elektricität herbeiführt und somit auch die Veränderungen,

1) Die erste Abhandlung (I. der folg. Cit.) s. d. Arch. 1860. S. 798 ff. Der den „Untersuchungen" zu Grunde liegende Plan hat in Folge von Erfahrungen, welche gangbare Vorstellungen über Erregbarkeits-Verhältnisse und über die Leitung der Erregung wankend machten, eine Erweiterung erfahren müssen. Damit nicht zu viele Fragen zugleich offen bleiben, muss ich die folgenden Untersuchungen vorerst in nur lockerem Zusammenhange mit den früheren erscheinen lassen. — Auch die folgenden Untersuchungen sind im hiesigen physiologischen Laboratorium angestellt.

welche durch die Prüfungen im Nerven hervorgerufen werden, auf das bei diesen Versuchen unumgängliche Maass beschränkt. Allein dieser Vortheil wird reichlich schon dadurch aufgewogen, dass die geringere Elektricitätsmenge, wie es die Feststellung des Err. erfordert, desto öfter durch den Nerven geschickt werden muss. Es kommt nun noch hinzu, dass auch der Muskel durch die oftmaligen Zuckungen bei der Aufsuchung des Err. unnütz ermüdet. Endlich lässt das zweite Verfahren, wie sofort einleuchtet, ganz im Stich, wenn es sich um die Erforschung von Veränderungen des Err. handelt, die mit einiger Geschwindigkeit vor sich gehen, indem man hier mit der Sicherstellung des Err. gar nicht wird zum Ziele kommen können. Es kann demnach, besonders in Rücksicht auf den letzterwähnten Umstand, keinem Zweifel unterworfen sein, dass das erste der beiden angegebenen Verfahren auch ferner festzuhalten ist.

Die Versuche haben zuerst das Err. Einer Stelle des Nerven zu verfolgen. Sie werden einfach in der Weise ausgeführt, dass eine beliebige, im Verlaufe des einzelnen Versuches aber immer die nämliche Stelle des Nerven von Zeit zu Zeit erregt wird. Es ergeben dann die Versuche nicht ausschliesslich die Veränderungen des Err., welche mit der Zeit nach der Trennung des Präparates vor sich gehen, sondern, wie schon oben gelegentlich betont worden ist, die algebraische Summe dieser Veränderungen und anderer, welche durch die prüfenden Erregungen bedingt sind. Diese letzteren Veränderungen lassen sich hier, wo es uns darum zu thun ist, das Err. als Function der Zeit zu erforschen, als Fehlerquelle auffassen, und es kommt daher Alles darauf an, diese Fehlerquelle möglichst zu beseitigen und, soweit sie durchaus unvermeidlich ist, ihren Einfluss auf die unmittelbaren Versuchsergebnisse kennen zu lernen.

Die Veränderungen, welche durch die Erregungen im Präparate hervorgerufen werden und hier in Betracht gezogen werden müssen, sind: die Ermüdung des Nerven, die Ermüdung des Muskels und die Nachwirkungen des Inductionsstromes (die Modification des Nerven). Was die ersten beiden betrifft, so wissen wir, dass Nerv und Muskel desto weniger ermüden, je seltener sie thätig sind, und desto besser sich erholen, je

grössere Ruhepausen zwischen ihre einzelnen Thätigkeitsäusserungen fallen. Es ergiebt sich hieraus für uns die Regel, die Prüfungen des Nerven nur in geringer Zahl und in grossen Zeitzwischenräumen vorzunehmen. Und so werden dann offenbar auch die Nachwirkungen des Inductionsstromes bekämpft sein, deren wesentliche Eigenschaft es eben ist, dass sie mit der Zeit nach der Erregung sich abgleichen.

Wir wissen aber ferner, dass die Erholung der vom Organismus getrennten Gebilde immer nur eine unvollkommene ist und zwar desto unvollkommener, je länger die Gebilde bereits getrennt und je öfter sie thätig gewesen sind. Hiernach werden unsere Versuche mit spärlichen und der Zeit nach weit aus einander liegenden Erregungen, wenn wir ihre Ergebnisse als allein von der Zeit abhängig ansehen, einen Fehler enthalten, dessen Grösse bei den noch zu den ersten gehörenden Erregungen nur sehr gering sein, mit der Zahl der Erregungen aber rasch wachsen wird. Es ergiebt nun der Versuch (s. u. S. 439), dass in Folge der durch die Erregungen herbeigeführten Veränderungen das Err. sinkt: somit werden die in diesen Versuchen gefundenen Werthe des Err. zu klein sein, und dies um so mehr, einer je späteren Zeit des Versuches sie angehören werden.

Versuche der Art, wie wir sie eben als vortheilhaft erkannt haben, würden für sich allein jedoch nur dann ausreichend sein, wenn das Err. dauernd Veränderungen in demselben Sinne erführe, entweder zunähme oder abnähme. Denn finden Schwankungen desselben in positivem und negativem Sinne, zumal innerhalb kurzer Zeit, statt, so werden diese sich ganz der Beobachtung entziehen oder nur unvollkommen erkannt werden. Es müssen daher neben jenen Versuchen mit seltenen Erregungen, welche als Hauptversuche festzuhalten sind, andere Versuche einhergehen, in welchen die Pausen zwischen den einzelnen Prüfungen kleiner und in den verschiedenen Versuchen wiederum verschieden gross genommen werden.

In dieser Weise habe ich die Untersuchung ausgeführt. In den zahlreichen Versuchen wurden die Prüfungen der Zahl und Zeit nach vielfach verschieden vorgenommen. Für einen Theil

der Versuche wurde das Helmholtz'sche, für den anderen Theil das Pflüger'sche Myographion benutzt. Bei den letzteren Versuchen war statt des Platincontacts am Helmholtz-schen Myographion der Hammer des elektromagnetischen Fallapparats in den primären Kreis aufgenommen, und es wurde nur mit Schliessungsinductionsströmen gearbeitet; der Abstand der Rollen des Magnetelektromotors betrug hier auf Grund von Vorversuchen[1]) 110 Mm., und es wurde so das Err. bis zu 4 Mm. sicher erhalten. Die der Prüfung unterzogene Nervenstelle lag stets einem Elektrodenpaare des Zuleitungsapparates auf.

Meine Erfahrungen über die mit der Zeit vor sich gehenden Veränderungen des Err. lassen sich in Folgendem zusammenfassen:

An jeder Stelle des Nerven steigt sofort nach der Trennung desselben vom lebenden Organismus das Erregungsmaximum mit grosser, aber rasch abnehmender Geschwindigkeit an und erlangt nach kurzer Zeit einen höchsten Werth. Von diesem aus fällt es dann in der allerersten, nur sehr kurzen Zeit mit beschleunigter, später mit mehr und mehr abnehmender Geschwindigkeit bis zu Null ab.

Vers. I.		Vers. II.	
Entfernung der geprüften Stelle von der Wirbelsäule[2]): 40 Mm.		Entfernung der geprüften Stelle von der Wirbelsäule[2]): 15 Mm.	
Lauf. Zeit von der Trennung des N. an in Min.	Err. in Mm.	Lauf. Zeit von der Trennung des N. an in Min.	Err. in Mm.
8	11,3	7	8,8
27	13,2	16	10,5
38	13,4	25	10,8
49	13,2	34	10,5
61	12,6	43	10,0
73	12,3	52	10,0
87	12,0	61	9,6
102	11,8	70	9,0
122	11,4	79	8,6
146	10,5	102	7,2
170	9,5	156	5,4
194	9,3	328	3,2
218	8,6		
242	8,2		
422	7,0		

1) Vergl. I. S. 804 ff. u. S. 809. — 2) S. u. S. 437 Anm.

Das Ansteigen des Err. nimmt immer nur einen kleinen Bruchtheil der Zeit in Anspruch, während welcher die betreffende Nervenstelle überhaupt erregbar bleibt. Die absolute Dauer des Ansteigens habe ich in den verschiedenen Versuchen zwischen 7 und 52 Min., immer von der Trennung des Nerven vom lebenden Organismus an gerechnet, schwanken sehen. Meist betrug sie 10 bis 30 Min., und nur bei sehr wenig leistungsfähigen [1]) Präparaten wurde die untere, bei sehr leistungsfähigen hingegen die obere dieser Grenzen überschritten.

W. Wundt hat die Veränderung untersucht, welche der elektrische Strom nach kürzerer Einwirkung in der Erregbarkeit des Nerven zurücklässt und sie, im Gegensatz zu der Veränderung nach längerer Einwirkung des Stromes, als „secundäre Modification“ bezeichnet. [2]) „Die Thatsache der secundären

---

1) Die Leistungsfähigkeit der Präparate ist gegeben durch die Zeit, während welcher unter ganz denselben Verhältnissen ihre Muskeln oder genau entsprechende Stellen ihrer Nerven erregbar bleiben. — Wenn es auf Grund der oben erwähnten Thatsache und überhaupt nach dem Gesammteindrucke meiner Versuche sehr wahrscheinlich war, dass die Dauer des Ansteigens mit der Leistungsfähigkeit wächst, so muss ich doch gestehen, mich einmal lange Zeit vergebens bemüht zu haben, dies mit Bestimmtheit zu erweisen. Wenn ich Versuche verglich, in welchen gleich weit von dem Querschnitte entfernte (die Bedeutung dieses Umstandes wird aus dem Folgenden erhellen) Stellen der Nerven auf gleiche Weise geprüft worden waren, so fanden sich immer einzelne, an Präparaten von mittlerer Leistungsfähigkeit angestellte Versuche, welche grössere Abweichungen von dem erwarteten gesetzmässigen Verhalten zeigten. Ich sah damals eine genügende Erklärung für diese Abweichungen schon in den zahlreichen Fehlerquellen der Vergleichung: der ungenauen Bestimmung der Zeit, wann das Err. den höchsten Werth erreichte, der Verschiedenheit der geprüften Stellen im anatomischen Sinne, der ungleichen Grösse der Präparate (diese wird von Bedeutung, weil das Err. in den Versuchen nicht bis zu Null, sondern nur bis zu 5 resp. 3 Mm. verfolgt worden ist) u. s. f. Wir werden aber später erfahren (s. u. IV.), dass die Dauer des Ansteigens die Function noch eines anderen Umstandes ausser der Leistungsfähigkeit ist, eines Umstandes, der bei den verschiedenen Versuchen nicht constant erhalten worden war. Ich komme dort noch einmal hierauf zurück.

2) W. Wundt. Ueber secundäre Modification der Nerven. Dies. Archiv 1859. S. 537 ff.

Modification", sagt Wundt, „besteht darin, dass man nach kürzerer Einwirkung des elektrischen Stromes die Erregbarkeit für die Richtung des Stromes erhöht findet" (S. 537). . . . . „Lässt man eine Stelle des Nerven öfter nach einander von Inductionsströmen gleicher Richtung durchfliessen, so bemerkt man in allen Fällen, vorausgesetzt dass das Präparat hinreichend erregbar ist und die Erregungspausen in der richtigen Weise gewählt werden, eine Zunahme der Zuckungshöhe" (S. 539.).

Den Grundversuch seiner eingehenderen Untersuchung stellt Wundt in folgender Weise dar: „Lässt man Schliessungsinductionsschläge von absteigender Richtung bei einer so gewählten Entfernung beider Rollen, dass gerade eine schwache Zuckung eintritt, mit solcher Raschheit sich folgen, dass immer einige Secunden nach Beendigung der Zuckung ein neuer Inductionsschlag einwirkt, so sieht man die Grösse der Zusammenziehung immer mehr zunehmen, bis sie das Zuckungsmaximum erreicht, immer steigt auch dieses bis zu einem Grenzwerthe, von dem an die Zuckungshöhe allmählig wieder abnimmt und schliesslich zu Null wird. Zugleich ändert sich während dessen der Verlauf der Zusammenziehung. Die Dauer derselben wird nämlich erst, während die Zuckungshöhe noch in Zunahme begriffen ist, und dann bei gleichbleibender (?[1]) Ref.) Zuckungshöhe immer grösser und grösser, so dass schliesslich die ganze Zukkung, während sie ansteigt und wieder sinkt, sehr leicht mit dem Auge sich verfolgen lässt. Hat man ein hinreichend erregbares Präparat, so gelingt es leicht, die Zeit der Abnahme der Zusammenziehung so weit hinauszuschieben, dass sich die Erhöhung der Reizbarkeit sehr weit treiben lässt. Man sieht dann die Grösse und Dauer der Zusammenziehung immer weiter zunehmen, bis dieselbe endlich von einem Tetanus sich nicht mehr unterscheidet. Man überzeugt sich auf diese Weise, dass es eine Grenze zwischen Zuckung und Tetanus nicht giebt: mit der Zunahme der Reizbarkeit sieht man die Zuckung an

1) Eben war ja gesagt worden, dass die Zuckungshöhe dauernd sich verändert.

Grösse und Dauer zunehmen, und endlich geräth der Muskel durch einen einzigen Inductionsschlag in Tetanus" (S. 539. 40).

Der Leser hat ohne Zweifel bereits erkannt, weshalb wir unsere Darlegung unterbrochen haben und auf Wundt's Untersuchungen eingegangen sind. Wundt findet, dass in Folge der Nachwirkungen der Inductionsströme die Zuckungshöhe zunimmt, ja endlich sogar das Erregungsmaximum [1]) ansteigt. Nichts liegt nun näher als die Vermuthung, dass das Ansteigen des Err., welches wir beobachtet haben, ganz oder wenigstens zum grössten Theile durch die Modification des Nerven in Folge der Prüfungen bedingt gewesen sei.

Betrachtet man jedoch den Wundt'schen Grundversuch genauer, so ergiebt eine leichte Ueberlegung, dass derselbe gar keinen sicheren Aufschluss über die Modification des Nerven verschafft. Wundt hat bei seiner Untersuchung das Allerwichtigste vergessen, nämlich sich zu überzeugen, ob nicht zur Zeit seiner Versuche, auch ohne die Einwirkung der rasch auf einander folgenden Inductionsströme, ein Ansteigen der Erregbarkeit des Nerven und zunächst der der Prüfung unterzogenen Nervenstelle stattfände. Da Wundt auch nicht im Entferntesten eine Andeutung macht, dass seine Versuche nur zu einer bestimmten Zeit angestellt werden dürfen, andere Zeiten aber vermieden werden müssen, da er ferner öfters gerade „hinreichend erregbare" Präparate als für gewisse Versuche nothwendig erklärt, so kann es keinem Zweifel unterworfen sein, dass er seine Versuche, wie in der Regel geschieht, bald nach der Herrichtung des Präparates begonnen hat. Nach den Erfahrungen von Pflüger,[2]) Heidenhain[3]) und Rosenthal[4]) steigt aber bei dem Absterben des Nerven die Erregbarkeit, bevor sie sinkt, erst beträchtlich an,[5]) und dieses Ansteigen

---

1) Wundt's „Zuckungsmaximum" hier ist mit unserem „Erregungsmaximum" identisch.

2) E. Pflüger, Physiologie des Elektrotonus. 1859. S. 268. 29. — Allgem. Mediz. Centralzeitung 1859. No. 14 u. 19.

3) R. Heidenhain, Allg. Mediz. Centralzeitung 1859. No. 10 u. 16.

4) J. Rosenthal, Allg. Mediz. Centralzeitung 1859. No. 16.

5) Die Vernachlässigung dieser Thatsache fällt Wundt um so

ist, wie ich mich oft überzeugt habe, gewöhnlich eine lange Zeit hindurch nach der Herrichtung des Präparates, selbst an einer dem Querschnitte nahen Stelle des Nerven, zu beobachten. Die Ergebnisse des citirten Wundt'schen Versuches, an deren Richtigkeit zu zweifeln wir keinen Grund haben, lehren somit nur das Ansteigen der Erregbarkeit des Nerven bei dem Absterben, in seinem Verlaufe verändert durch die häufigen Erregungen.

In jenem Versuche lässt Wundt schliesslich das Err. erreicht werden und auch dieses dann ansteigen. Da die Form des Versuches eine Unterbrechung inmitten desselben nicht zulässt, so muss Wundt das Err. vor dem Beginn des Versuches bestimmt haben. Seine Angabe über Veränderungen des Erregungsmaximum durch die Modification war dann nicht berechtigt, da das Err. sich mit der Zeit geändert und so zu der Zeit, wo Wundt es in Folge der Modification eben erreicht zu sehen glaubte, bereits den Werth angenommen haben konnte, welchen er als den Grenzwerth bei dem Ansteigen des Err. in Folge der Modification ansah. Dieser Vorwurf trifft aber nicht einen anderen Versuch, welchen Wundt folgendermassen beschreibt: „Nimmt man die Ströme stärker, so z. B. dass die Inductionsströme beider Richtungen das Zuckungsmaximum veranlassen, so verhält sich die Sache im Wesentlichen ganz ähnlich: man sieht hier das Zuckungsmaximum anfangs zunehmen und zwar für beide Richtungen . . . . Doch sind stärkere Inductionsschläge für die Modification ungünstiger, und es nimmt hier auch die absteigende Zuckung wieder ab, noch ehe man durch den Inductionsschlag einen Tetanus hervorzurufen vermochte“ (S. 541. 542). Hier muss ich auf das verweisen, was oben von der Nichtberücksichtigung der mit der Zeit vor sich gehenden Veränderungen gesagt wor-

---

mehr zur Last, als dieser (a. a. O. S. 547) selbst sagt: „ . . . jeder Beobachter im Gebiete des Zuckungsgesetzes hat schon die auffallende Zunahme der Erregbarkeit im Anfang der Untersuchung bemerkt, theilweise ist dieselbe jedenfalls durch secundäre Modification bedingt, theilweise scheint sie aber auch mit dem Absterben vom centralen Ende des Nerven aus zusammenzuhängen.“

den ist, und es erscheint mir in der That gewiss, dass Wundt hier im Wesentlichen das von uns beobachtete Ansteigen des Err. mit der Zeit vor sich gehabt hat (vgl. noch S. 435 Anm. 2). Es würde damit auch im besten Einklange stehen, dass die vermeintliche Modification sich nicht sehr weit treiben liess und auch nicht zum Schlusse des Ansteigens zum Tetanus führte (s. u. S. 489 Anm 1.).

Aber nicht nur die Zuckungshöhe, von welcher allein bisher die Rede war, sondern auch die Zuckungsdauer hat Wundt in jenem Grundversuche berücksichtigt und auch die Zunahme der letzteren in Beziehung zur Modification gebracht. Allein man sieht eben auch, wie ich hier anmerken will, bei dem Absterben des Nerven, wenn ein und derselbe schwache Inductionsstrom mit der Zeit immer stärkere Zuckungen hervorruft, mit der Zunahme der Maximalordinate der Curve der Muskelverkürzung die Länge der Curve zunehmen und die der Zeit, während welcher die Reizung latent bleibt, entsprechende Abscisse an Grösse abnehmen.

Wir verlassen nun die Wundt'sche Untersuchung, da es hier nicht unsere Aufgabe sein kann, eine erschöpfende Kritik derselben zu geben. In Vorstehendem dürfte wohl durch die Besprechung von Wundt's Fundamentalversuch, auf welchen sich alle anderen Versuche stützen, genügend gezeigt sein, dass exacte Aufschlüsse über die Modification des Nerven durch Inductionsströme durch jene Untersuchung nicht gegeben sind.

Die Ergebnisse eines in der von Wundt vorgegebenen Weise angestellten Versuches werden nur dann die Erhöhung der Erregbarkeit (und die Zunahme der Zuckungsdauer) durch die Modification beweisen, wenn der Versuch zu einer Zeit angestellt sein wird, in welcher die Erregbarkeit der geprüften Nervenstelle bereits im Sinken begriffen war. Während des Ansteigens der Erregbarkeit würde ein rascheres Ansteigen, als erwartet wurde, aus verschiedenen Gründen Nichts über die Modification lehren. Denn die Kenntniss der Art, in welcher die Erregbarkeit des ausgeschnittenen Nerven ansteigt, wird wohl vorerst nicht so vollkommen erworben werden können, wie es für jenen Zweck nothwendig wäre, schon deshalb nicht,

weil dieses Ansteigen nicht bloss, wie bisher angenommen wurde, eine Folge des Absterbens, sondern auch, worauf unsere weiteren Mittheilungen hinweisen werden (s. IV.), eine Folge der Temperatur-Erhöhung des Nerven ist. Zudem wird sich immer noch der Einwand erheben lassen, dass durch die häufigen Erregungen das Absterben des Nerven beschleunigt worden sei.

Ich habe diese letzten Bemerkungen für nothwendig gehalten, um die Fassung des oben gegen Wundt Vorgebrachten zu rechtfertigen. Experimentell bin ich nicht tiefer in das Gebiet der Modificationen eingedrungen, einmal weil dieses gewiss nicht so nebenbei sich abfertigen lässt, wie es hier hätte geschehen müssen, und sodann auch, weil wir sogleich auf andere Weise den Beweis werden führen können, dass das von uns beobachtete Ansteigen des Err. auch nicht im Geringsten durch die Modification des Nerven in Folge der Prüfungen bedingt gewesen ist.

Wir hatten das Err. in den verschiedenen Versuchen verschieden lange, höchstens aber bis 52 Min. nach der Trennung des Nerven vom lebenden Organismus ansteigen sehen. Beginnen wir die Versuche nunmehr erst nach Ablauf dieser Zeit und nehmen wir die Prüfungen genau so wieder, wie bisher, vor, so wird offenbar das Ansteigen des Err. als durchaus unabhängig von den Erregungen in dem Falle erwiesen sein, dass jetzt ein Ansteigen gar nicht mehr zur Beobachtung käme. Hierhergehörige Erfahrungen macht man öfters durch Zufall, wenn man durch eine äussere Störung verhindert ist, bald nach dem Einbringen des Präparates die Prüfungen zu beginnen: man sieht dann das Err. nur sehr wenig oder selbst gar nicht ansteigen. Entscheidend aber ist erst folgender Versuch. Ein frischer und kräftiger Frosch wird getödtet, und sofort werden beide Nervmuskelpräparate möglichst schnell angefertigt. Noch vor der Herrichtung des zweiten Präparates wird das erste in den feuchten Raum gebracht und auf eine dort befindliche Glasplatte gelegt. Das zweite Präparat wird rasch eingehängt, und ohne Verzug werden die Prüfungen einer Stelle seines Nerven begonnen: von Min. zu Min. wird der Nerv erregt.

Hat man so das Ansteigen des Err. verfolgt und hat dieses bereits zu sinken begonnen, so wird das erste, bisher unerregt gebliebene Präparat an die Stelle des zweiten gebracht und die entsprechende oder eine dem Muskel nähere Stelle[1]) seines Nerven auf die Elektroden gelegt. Wenn eine Stunde seit dem Tode des Frosches verflossen ist, werden die Prüfungen dieser Nervenstelle begonnen und in genau derselben Weise, wie vorher, fortgeführt. Ganz ausnahmslos sieht man hier das Err. von Prüfung zu Prüfung an Grösse abnehmen.[2])

Bei der Erregung des Nerven von Minute zu Minute müssen die durch die Erregungen im Präparate hervorgerufenen Veränderungen offenbar einen grossen Einfluss auf die Versuchsergebnisse gewinnen, und ich habe deshalb bei meinen anderen Versuchen nur für eine verhältnissmässig unbeträchtliche Anzahl derselben die Pause zwischen je zwei Prüfungen so gering genommen. Gerade deshalb aber auch habe ich bei dem eben beschriebenen Versuche dieser kürzesten Pause den Vorzug gegeben. Doch habe ich mich hierbei noch nicht beruhigt. Es liess sich, allerdings nur mit Hülfe von willkürlichen Voraussetzungen, noch einwenden, dass bei so häufiger Erregung des Nerven der Einfluss der intensiven Ermüdung des Präparates, in Folge deren, wie schon einmal angegeben, das Err. sinkt, den Einfluss der Modification des Nerven verdeckte, und dass dieser letztere Einfluss sich erst bei weniger häufigen Erregungen geltend machte: es hätte hiernach wenigstens noch ein Theil des beobachteten Ansteigens des Err. auf Rechnung der Modification des Nerven gesetzt werden können. Ich habe deshalb jenen Versuch auch so angestellt, dass ich 2,

---

1) Durch die Prüfung einer dem Muskel näheren Stelle begegnet man jedem Skrupel, der etwa auf Grund unserer weiteren Erfahrungen aus der Befürchtung, die entsprechende Stelle verfehlt zu haben, entspringen könnte.

2) Da ich bei diesem Versuche auch stets dasselbe Resultat erhalten habe, als ich ihn gelegentlich so anstellte, dass der Nerv 3 bis 4 Mal in der Minute erregt wurde, muss ich der oben S. 429 citirten Angabe Wundt's gegenüber behaupten, dass nach Verlauf von 15 Secunden nach der Erregung das Err. der geprüften Nervenstelle keinesfalls in Folge der Modification erhöht ist.

3 u. s. f. bis 12 Min.[1]) als Zwischenraum zwischen je zwei Prüfungen nahm. Der Erfolg war aber immer derselbe: nie, wenn eine Stunde seit dem Tode des Frosches verflossen war, nahm das Err. an Grösse zu. Es kann somit keinem Zweifel mehr unterliegen, dass das Ansteigen des Err., welches wir beobachtet haben, eine einzig und allein von der Zeit abhängige Veränderung desselben gewesen ist.

Vielleicht ist es nicht überflüssig, noch besonders darauf aufmerksam zu machen, dass bei dem zuletzt beschriebenen Versuche auch dasjenige Präparat, welches erst später geprüft werden soll, wie oben vorgegeben ist, sogleich hergerichtet werden muss. Lässt man einen Schenkel liegen, so müssen bis zur Herrichtung des Präparates, wenn man dieser unmittelbar die Prüfung des Nerven folgen lassen will, zwei bis drei Stunden seit dem Tode des Frosches verflossen sein, damit ein Ansteigen des Err. nicht mehr zur Beobachtung komme. Wir können hierdurch auf's Neue uns auf die Beziehung hingewiesen sehen, in welcher die Dauer des Ansteigens des Err. zur Leistungsfähigkeit des Nerven ohne Zweifel steht, wenngleich wir sie nicht genau haben nachweisen können, da es ja eine allgemeine Erfahrung ist, dass der Nerv in seiner natürlichen Lagerung im Schenkel länger erregbar bleibt, als im hergerichteten Präparate.

Dagegen kann man, wenn man von einem weniger leistungsfähigen Thiere sogleich beide Präparate anfertigt, selbstverständlich schon früher als eine Stunde nach dem Tode des Thieres die Prüfungen des bis dahin unthätigen Präparates vornehmen, ohne das Err. hier ansteigen zu sehen.[2]) Ja, bei sehr wenig leistungsfähigen Thieren muss man sich sogar mit der Herrichtung der Präparate sehr beeilen, wenn man nicht schon bei dem zuerst der Prüfung unterzogenen Nerven das Ansteigen des Err. vermissen will (vgl. Vers. XIII. u. XIV. S. 454).

---

1) Mit solchen und nicht längeren Pausen hatte ich auch das Ansteigen des Err. verfolgt. (Unser Vers. I. zeigt zufällig eine der sehr wenigen Ausnahmen.)

2) Bei Präparaten von nicht gerade ausnehmend grosser Leistungsfähigkeit habe ich einen Verzug von 40 Min. in der Regel ausreichend gefunden.

Eine genauere Angabe der Werthe, um welche ich das Err. habe zunehmen sehen, muss, ganz abgesehen von anderen Gründen, schon deshalb ohne weiteres Interesse sein, weil uns die Versuche immer nur einen unbestimmten Bruchtheil der wahren Grösse des Ansteigens kennen lehren. Ich beschränke mich deshalb darauf, durch zwei Beispiele darzuthun, ein wie bedeutendes Anwachsen des Err. zur Beobachtung kommen kann.

Vers. III.		Vers. IV.	
Lauf. Zeit in Min.	Err. in Mm.	Lauf. Zeit in Min.	Err. in Mm.
5	7,5	5	6,6
12	15,0	10	11,8
18	15,4	15	14,3
28	15,0	21	14,0

Die Präparate stammten von grossen, frischen Fröschen. Bei beiden Versuchen war die geprüfte Stelle des Nerven c. 20 Mm. von der Wirbelsäule entfernt.

Es reihen sich hier passend sogleich zwei weitere Beispiele an aus der Reihe der Versuche, bei welchen das Err. während des Ansteigens und der ersten Zeit des Sinkens durch häufigere Prüfungen genauer verfolgt worden ist.

Vers. V.		Vers. VI.	
Länge des Nerven[1]: 70 Mm. Entfernung der gepr. Stelle von der Wirbelsäule: 17 Mm.		Länge des Nerven: 73 Mm. Entfernung der gepr. Stelle von der Wirbelsäule: 15 Mm.	
Lauf. Zeit in Min.	Err. in Mm.	Lauf. Zeit in Min.	Err. in Mm.
9	12,2	7	12,7
13	13,5	11	15,0
17	14,6	15	16,7
21	15,0	19	17,4
25	15,1	23	17,7
29	14,9	27	17,5
33	14,0	31	17,0
37	13,2	35	16,3
41	13,1	39	15,8
45	13,0	43	15,5
49	13,0	47	15,0
53	11,4		
57	11,4		
61	10,6		
65	10,0		
69	10,6		
73	9,6		
77	9,0		

1) Als obere Grenze ist für die Messungen die Austrittsstelle des

Prüft man bei solchen Versuchen, bei welchen das Ansteigen des Err. längere Zeit dauert, noch öfter, etwa alle zwei Min., so treten manchmal schon während des Ansteigens, jedenfalls aber von dem Beginn des Sinkens an kleine Unregelmässigkeiten im Verlaufe des Err. ein, der Art, wie wir sie weiterhin (S. 440) als Folgen der Erregungen näher werden kennen lernen. In den Vers. V. und VI. und ähnlichen zeigen sich solche Unregelmässigkeiten erst von der Zeit an, wo das Err. mit abnehmender Geschwindigkeit zu sinken angefangen hat. Ich finde hierin eine Bestätigung dessen, was sich erwarten liess, dass nämlich bei so leistungsfähigen Präparaten die Pausen von 4 Min. zwischen je zwei Prüfungen ausreichen, um den Einfluss der Erregungen für die kleine Zahl der ersten Prüfungen zu eliminiren, und ich glaube hiernach für die Zeit des Ansteigens und des beschleunigten Sinkens in den Ergebnissen der vorstehenden und ähnlicher Versuche ganz rein die Veränderungen des Err. mit der Zeit ausgesprochen sehen zu dürfen.

Die Zeit, während welcher das Err. mit zunehmender Geschwindigkeit sinkt, wächst mit der Dauer seines Ansteigens. Der Werth, um welchen das Err. so sinkt, ist stets nur ein Bruchtheil des Werthes, um welchen es vorher zugenommen hat, so dass zum Schlusse des beschleunigten Sinkens das Err. immer noch beträchtlich grösser ist, als es vor seinem Ansteigen war.[1])

Für den weiteren Verlauf des Err. ergeben die Versuche, in welchen die Pausen zwischen den einzelnen Prüfungen gross

---

8. Rückenmarksnerven zwischen dem 8. u. 9. Wirbel festgehalten worden. Der Querschnitt war immer in der Höhe des 7. Wirbels angelegt (vgl. I. 801), so dass die angegebene „Entfernung einer Nervenstelle von der Wirbelsäule" etwas kleiner ist als ihre Entfernung von dem Querschnitte des Nerven.

3) Ich verweise hierfür auf die Vers. I., II., V. u. VI. — Ueberhaupt glaube ich es hier bei der Anführung von nur wenigen Beispielen um so eher bewenden lassen zu dürfen, als Versuche, welche aus anderen Gründen später werden mitgetheilt werden müssen, noch genügend Belege für das Gesagte liefern werden.

genommen werden, durchweg, dass es dauernd mit allmählich mehr und mehr abnehmender Geschwindigkeit sinkt.

Haben wir uns der Constanz dieses Ergebnisses versichert, so können wir uns Aufschluss darüber verschaffen, von welchem Einflusse die prüfenden Erregungen auf das Err. sind. Wir verfolgen durch Prüfungen, welche wir in Zwischenräumen von je 30 Min. vornehmen, bei einer beliebigen Stelle eines leistungsfähigen Nerven das Sinken des Err., bis dieses in den letzten 30 Min. etwa um 1 Mm. abgenommen hat. Jetzt prüfen wir von Minute zu Minute: nach Ablauf von 30 Min. finden wir das Err. um mindestens 3 Mm. gesunken. In den nun folgenden 30 Min. lassen wir den Nerven unerregt: am Ende dieser Zeit sehen wir das Err. um etwa 1 Mm. gestiegen.

Es ist dies eben nur ein Schema der Versuche, welche hier mit mannigfachen kleinen Veränderungen zur Erledigung derselben Frage angestellt werden können. Immer zeigt es sich, dass in Folge der durch die Erregungen im Präparate hervorgerufenen Veränderungen das Err. sinkt und zwar desto mehr sinkt, je zahlreichere Erregungen statthaben und in eine je spätere Zeit seit der Trennung des Nerven vom lebenden Organismus sie fallen.

Noch langsamer als in den Versuchen, in welchen die Pausen zwischen den Prüfungen gross, aber immer gleich gross genommen werden, sieht man das Err. in anderen Versuchen abnehmen, in welchen man die grossen Zwischenräume zwischen den einzelnen Erregungen noch mit der Zeit wachsen lässt. Dagegen beobachtet man ein im Ganzen steileres Abfallen des Err., wenn die Prüfungen nur durch kürzere Pausen getrennt sind. Folgen endlich die Prüfungen sehr rasch (z. B. alle 1 — 2 Min.) auf einander, so sieht man das Err. nur eine Zeit lang mit abnehmender, schliesslich aber wiederum mit zunehmender Geschwindigkeit sinken.

Ich kann mich hier kurz fassen, indem ich auf die Bemerkungen verweise, welche oben (S. 426) voraufgeschickt worden sind. Die verschiedenen Ergebnisse jener Versuche sind dadurch bedingt, dass der Fehler, welchen die durch die Erregungen im Präparate hervorgerufenen Veränderungen in die

unmittelbaren Versuchsergebnisse einführen, bei den verschiedenen Prüfungsweisen eine verschiedene Grösse hat. Am kleinsten ist der Fehler in denjenigen Versuchen, in welchen die Prüfungen in grossen und mit der Zeit noch wachsenden Zwischenräumen statthaben, und es legen daher diese Versuche der Wahrheit am nächsten kommend dar, wie mit der Zeit das Err. abnimmt.[1])

Eine besondere Besprechung verlangen dann nur noch einige kleine Unregelmässigkeiten, welche bei den Versuchen mit häufigeren Prüfungen vorkommen. In diesen Versuchen sieht man das Err. im Ganzen zwar, je nach der Leistungsfähigkeit[2]) der Präparate und der Häufigkeit der Prüfungen, mehr oder weniger rasch abnehmen, diese Abnahme aber doch hin und wieder durch eine schwache Zunahme unterbrochen werden. Ein Beispiel hierfür liefert Vers. V. in der 69. Minute. Immer ist die Zunahme des Err. nur unbedeutend, und meist ist sie auf die Zwischenzeit nur zweier Prüfungen beschränkt. In der Regel findet man dann auch in dem unmittelbar folgenden, eben so langen Zeitraume das Err. recht beträchtlich gesunken. Wird sehr häufig (etwa alle 1 oder 2 Min.) geprüft, so kann die in Rede stehende Erscheinung auch mehrmals im Verlaufe desselben Versuches in längeren Intervallen auftreten. Eine Uebereinstimmung zwischen verschiedenen Versuchen in Betreff der Zeit, wann eine solche geringe Zunahme des Err. erfolgt, ist nicht aufzufinden. Spricht schon Alles dieses dafür, dass es sich hier nur um eine Erholungs-Erscheinung handelt, so scheint mir Folgendes, so weit nur möglich, Gewissheit hierüber zu verschaffen. Im Verlaufe eben derselben Versuche sieht man nämlich zu anderen Zeiten

---

1) Will man durch einen einzelnen Versuch möglichst viel über die zeitlichen Veränderungen des Err. erfahren, so thut man nach dem bisher Abgehandelten offenbar gut daran, die Prüfungen in der ersten Zeit häufiger (z. B. von 4 zu 4 Min.) vorzunehmen, sodann aber die Pausen mit der Zeit rasch wachsen zu lassen.

2) Es ist als selbstverständlich bisher nicht besonders noch angemerkt worden, dass ceteris paribus das Err. im Ganzen desto steiler abfällt, je weniger leistungsfähig das Präparat ist.

gewissermassen plötzlich die verhältnissmässig rasche Abnahme des Err. für die Zeit mehrerer Prüfungen unterbrochen werden, in dieser Zeit das Err. entweder nur langsam oder selbst gar nicht abnehmen und dann wiederum plötzlich in der Zwischenzeit nur zweier Prüfungen ganz steil abfallen (vgl. Vers. V. von der 41. Min. an). Als Grenzfall würde sich nun hier, wie man leicht einsieht, das unbeträchtliche Ansteigen des Err. vor dem steilen Sinken anschliessen. Es lässt sich sodann ungezwungen diese ganze Reihe von Erscheinungen durch die Annahme erklären, zu welcher man schon durch einen Versuch von Ed. Weber geführt wird,[1]) dass die Ermüdung und die Erholung des Präparates neben einander hergehen, so dass in unseren Versuchen zu einer Zeit die Ermüdung, zu einer anderen Zeit die Erholung das Uebergewicht erlangen kann. Dass aber in der That durch die Erholung des Präparates das Err. ansteigt, dafür ist bereits oben (S. 439) der beweisende Versuch angegeben worden.

Wir können es zum Schlusse nicht verhehlen, dass unsere Versuche doch zwei Lücken übrig gelassen haben: weder für die ersten Minuten nämlich nach der Trennung des Nerven noch für die allerletzte Zeit, ehe das Err. den Werth Null erreicht, haben uns die Versuche unmittelbar Aufschluss über die Veränderungen des Err. verschafft.

Wir haben unter sonst gleichen Umständen ein desto grösseres Ansteigen des Err. beobachtet, je früher wir die Versuche begannen. Wir haben ferner in den Versuchen, in welchen wir die Prüfungen am frühesten vornahmen, in der fünften Minute nach der Trennung des Nerven das Err. im Ansteigen begriffen gefunden. Da gar kein Grund vorliegt zu der Vermuthung, dass dem Ansteigen des Err. andere Veränderungen desselben vorhergehen, halten wir die natürlichste Annahme, welche wir schon oben (S. 428 u. 429) stillschweigend uns erlaubt haben, auch ferner fest, dass nämlich mit dem Zeitpunkte der Trennung des Nerven der Beginn der Zunahme des Err. gegeben ist.

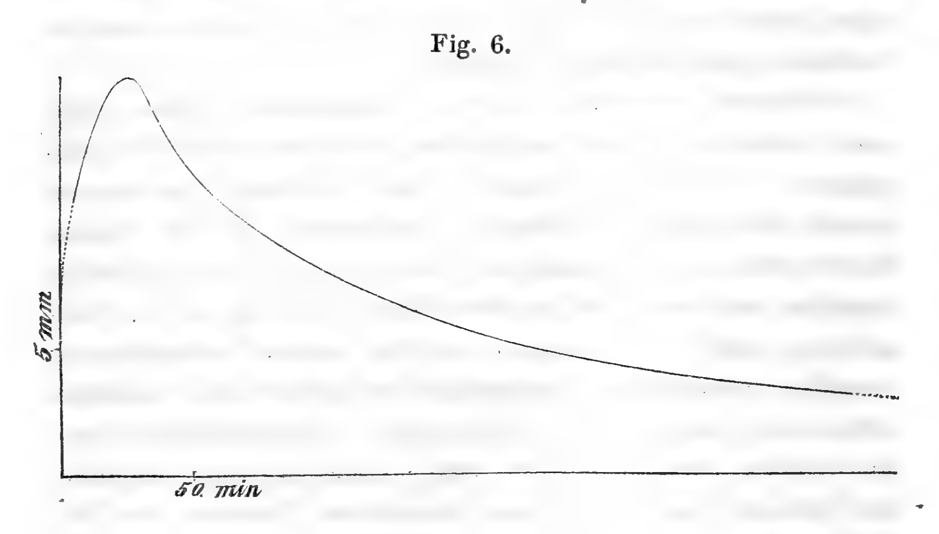
---

1) Vgl. Ludwig, Physiologie. Zweite Auflage. Bd. I. S. 453

Die zweite Lücke ist dadurch entstanden, dass wir in unseren Versuchen das Err. nur so weit verfolgt haben, bis es auf 5 oder 4 oder 3 Mm. gesunken war (vgl. I. S. 809; II. S. 428). Hier wäre ein weiteres Verfolgen mit vielen Schwierigkeiten und Umständen verknüpft gewesen, und ein Verfolgen des Err., bis es zu Null wird, liegt sogar, wie ich wohl nicht weiter zu erörtern nöthig habe, ausser dem Bereiche des Möglichen. Bis zu jenen erstgenannten Werthen haben wir aber das Err. ununterbrochen mit mehr und mehr abnehmender Geschwindigkeit sinken sehen, und so werden wir uns denn bei der Annahme beruhigen können, welche die grösste Wahrscheinlichkeit für sich hat, dass in eben derselben Weise auch das weitere Sinken des Err. statthat.

Durch die eben abgeschlossene Untersuchung haben wir erfahren, dass die Veränderungen, welche das Err. einer beliebigen Stelle eines beliebigen Nerven mit der Zeit nach der Trennung des Nerven vom lebenden Organismus erfährt, immer durch eine Curve sich vorstellen lassen von solcher Gestalt, wie sie die in Fig. 6 gegebene Curve[1]) zeigt. Wir wollen

Fig. 6.



1) Dem Entwurfe dieser Curve ist Vers. V. zu Grunde gelegt. Als Abscissen sind selbstverständlich die Zeiten nach der Trennung des Nerven, als Ordinaten die beobachteten Werthe des Err. verzeichnet

jetzt weiter gehen und das Verhalten des Err. an den verschiedenen Stellen eines und desselben Nerven genauer zu ermitteln suchen. Es fragt sich, ob die Veränderungen des Err. an allen Stellen desselben Nerven ihrer Grösse und der Zeit nach in genau gleicher Weise vor sich gehen, mit anderen Worten, ob die Erregungsmaxima (Err.) aller Stellen desselben Nerven in derselben Zeit um dieselbe Grösse ansteigen, resp. sinken.

Die Beantwortung dieser Frage fällt offenbar zusammen mit der Kenntniss der gleichzeitigen Err. aller Stellen eines Nerven für verschiedene Zeitpunkte nach der Trennung des Nerven vom lebenden Organismus. Die Kenntniss gleichzeitiger Err. ist deshalb erforderlich, weil die Veränderungen des Err., wie wir wissen, zu keiner Zeit mit constanter, sondern immer entweder mit zunehmender oder mit abnehmender Geschwindigkeit vor sich gehen. Gerade deshalb aber auch, müssen wir uns sofort sagen, ist für den Augenblick nicht daran zu denken, jene Kenntniss mit der strengsten Genauigkeit zu erlangen. Da die Err. der verschiedenen Stellen des Nerven nur nach einander sich aufsuchen lassen, sind wir auf die Untersuchungsmethode allein angewiesen, dass wir die Prüfungen in gleichen Zeitabständen und mit wechselnder Reihenfolge der Stellen (also z. B. A, B, C, D, E, D, C, B, A) vornehmen und dann von den zu den verschiedenen Zeiten gefundenen Err. derselben Nervenstelle immer den mittleren Werth nehmen. Allein dann werden eben jenes vorhin erwähnten Verhaltens des Err. halber unsere Resultate Fehler enthalten, die einmal desto grösser sein werden, je rascher zu der betreffenden Versuchszeit die Geschwindigkeit, mit welcher die Veränderungen des Err. erfolgten, zunahm oder abnahm, sodann aber auch für die verschiedenen Stellen immer verschieden gross und für die zuerst und wiederum zuletzt geprüfte Stelle am grössten sein werden. Und nicht genug, dass wir schon diese Fehler genauer zu bestimmen nicht im Stande sind, kommen noch andere, eben so wenig bestimmbare Fehler hinzu, da-

---

worden. Die punktirten Anfangs- und Endstücke der Curve beruhen nicht auf unmittelbaren Versuchsergebnissen.

durch bedingt, dass die Ermüdung des Präparates in Folge der Erregungen nicht einfach mit der Zahl der Erregungen wächst, sondern, wie es scheint, bald rascher bald langsamer als diese zunimmt.[1])

Doch wird der Erfolg der Untersuchung viel günstiger sich herausstellen, als nach dieser üblen Voraussicht zu erwarten ist. Allerdings werden manche feinere Ergebnisse der Untersuchung, einzeln betrachtet, nur eine sehr hohe Wahrscheinlichkeit für sich in Anspruch nehmen können, allein diese Wahrscheinlichkeit wird durch die Uebereinstimmung und durch das treffliche Ineinandergreifen der vielen einzelnen Ergebnisse zur zweifellosen Gewissheit werden. So unabweislich drängt sich, wenn mich nicht Alles täuscht, die Ueberzeugung von der Sicherheit der Ergebnisse auf, dass ich es für überflüssig halten muss, bei jeder einzelnen Gelegenheit noch besonders darauf aufmerksam zu machen. Erst an einer späteren Stelle wollen wir im Zusammenhange hierauf zurückkommen.

Um die vorhin besprochenen Fehler möglichst klein zu machen, habe ich immer nur wenige, in einem Theile der Versuche drei, in dem anderen Theile sogar nur zwei Stellen desselben Nerven verglichen. Wurden nur zwei Stellen eines Nerven untersucht, so betrug ihr gegenseitiger Abstand immer 43 Mm., und es lag die eine (O) derselben in der Nähe des Querschnittes des Nerven, die andere (U) nahe dem Muskel. Bei den übrigen Versuchen kam zu diesen beiden Stellen eine dritte (M), gerade in der Mitte zwischen ihnen gelegene noch hinzu. Die der Prüfung unterzogenen Nervenstellen lagen stets den Elektrodenpaaren des Zuleitungsapparates auf. Die Versuchsanordnung war unverändert wie früher bei der Verfolgung des Err. Einer Nervenstelle (s. o. S. 427, 428). Der erregende Strom hatte im Verlaufe eines Versuches in allen geprüften Stellen des Nerven stets dieselbe Richtung.

Ich lehne die Darlegung der Ergebnisse der Untersuchung

1) Es ist hier die Trennung der Ermüdung und der Erholung nicht festgehalten und auch davon abgesehen worden, dass die Erholung das Uebergewicht über die Ermüdung erlangen kann (vgl. oben S. 441.).

im Folgenden an eine Anzahl als Paradigmata voraufgeschickter Versuche an, welche zugleich so ausgewählt sind, dass die verschiedenen von mir angewandten Prüfungsweisen unter ihnen vertreten sind. Der Querstrich, welcher sich bei den meisten Versuchen in der Zeit-Columne findet, grenzt das erste Stadium im Verlaufe der Err. von dem zweiten Stadium ab. Wir wollen nämlich im Folgenden, um uns viele Weitläufigkeiten zu ersparen, solche zwei Stadien unterscheiden: das erste Stadium soll das Ansteigen und das beschleunigte Sinken, das zweite das verzögerte Sinken des Err. umfassen.

Die Folgeerscheinungen der Erregungen werden weiterhin nur so weit in Betracht gezogen werden, als sie für die Lösung der uns vorliegenden Frage von Bedeutung sind. Im Uebrigen verweise ich auf S. 439 ff. Es wird dann aber immer nur von der Ermüdung des Präparates die Rede sein, weil das Erregungsmaximum einer extrapolaren, 20 oder gar 43 Mm. von der intrapolaren Strecke entfernten Nervenstelle in Folge der Modification des Nerven durch Inductionsströme nicht verändert wird. Wenigstens habe ich mich durch unmittelbar hierauf gerichtete Versuche davon überzeugt, dass eine Erhöhung des Err. der extrapolaren Stelle nach Ablauf von einer Minute nach der Erregung nicht bemerklich ist. Wird aber eine raschere Abnahme des Err. der extrapolaren Stelle bei solchen Versuchen beobachtet, so lassen sich offenbar Ermüdung und Modification nicht auseinander halten. Uebrigens übersieht man leicht, dass, da wir unsere Folgerungen immer nur aus einer grossen Anzahl von Versuchen ziehen, jeder etwaige Einfluss der Modification dadurch eliminirt sein muss, dass einmal in den verschiedenen Versuchen die Richtung der erregenden Ströme im Nerven eine verschiedene war und sodann auch im Verlaufe desselben Versuches die verschiedenen Nervenstellen meist in wechselnder Reihenfolge geprüft wurden.

Vers. VII.

Länge des Nerven[1]): 86 Mm. Entfernung der St. O von der Wirbelsäule: 28 Mm. Abst. Oeffn.

Lauf. Zeit in Min.	Err. O in Mm.	Lauf. Zeit in Min.	Err. M in Mm.	Lauf. Zeit in Min.	Err. U in Mm.
6	7,0	7½	7,9	9	10,0
12	11,6	13½	11,5	15	9,8
25	8,8	26½	8,8	28	8,8
39	8,1	37½	8,1	36	8,1
48	7,1	49½	7,1	51	7,1
62	6,8	60½	6,8	59	6,9
74	5,7	75½	5,7	77	5,8
90	5,0	88½	5,0	87	5,2
100	4,3	101½	4,3	103	4,4
132	unter 3 Mm.	130	3,6	128	3,7
		141	unter 3 Mm.	145	3,1
				153	unter 3 Mm.

Vers. VIII.

Länge des Nerven 74 Mm. Entf. der St. O von der Wirbels.: 18 Mm. Aufst. Schliess.

	O		M		U
7	12,7	8½	12,7	10	12,2
17	11,9	18½	11,9	20	11,9
31	11,9	29½	11,9	28	11,9
40	11,8	41½	11,8	43	11,8
72	10,7	73½	10,8	75	11,0
84	10,2	89	10,1	99	10,1

Vers. IX.

Länge des Nerven: 71 Mm. Entf. der St. O von der Wirbels.: 17 Mm. Abst. Schliess.

	O		M		U
7	15,1	8½	16,0	10	16,6
18	16,0	19½	16,0	21	16,0
42	14,6	43½	14,6	45	14,6
54	13,9	55½	13,9	57	13,9
65	13,4	66½	13,5	68	13,5
86	12,0	91	12,0	92½	12,0
107	11,3	114	11,2	115½	11,2

1) Vgl. oben S. 437 Anm.

Vers. X.

Länge des Nerven 70 Mm. Entf. der St. O von der Wirbels.: 15 Mm.
Abst. Schliess.

Lauf. Zeit in Min.	Err. O in Mm.	Lauf. Zeit in Min.	Err. M in Mm.	Lauf. Zeit in Min.	Err. U in Mm.
18	22,0	20	21,5	22	20,9
29	16,5	31	16,5	33	16,5
45	16,4	43	16,4	41	16,4
52	15,8	54	15,8	56	15,8
64	15,7	66	15,8	68	15,7
75	15,2	77	15,2	79	15,3
86	15,0	88	15,1	90	15,1
97	14,8	99	15,0	101	15,0
112	14,6	114	14,7	116	14,7

Vers. XI.

Länge des Nerven: 67 Mm. Entf. der St. O von der Wirbels.: 10 Mm.
Aufst. Schliess.

Lauf. Zeit in Min.	Err. O in Mm.	Lauf. Zeit in Min.	Err. U in Mm.
7	14,7	9	15,6
11	17,0	13	17,3
15	17,5	17	17,5
19	17,0	21	15,8
23	15,7	25	15,4
27	15,0	29	14,2
31	14,1	33	14,0
35	13,9	37	14,0
39	13,1	41	13,2
43	12,7	45	13,4
47	12,1	49	12,3
51	12,0	53	12,2
55	11,1	57	12,2
59	11,0	61	11,7
63	10,7	65	10,8
68	10,0	72	10,5
74	9,3	78	9,8
80	9,0	84	9,6

Vers. XII.

Länge des Nerven: 75 Mm. Entf. der Stelle O von der Wirbels.: 10 Mm. Abst. Oeffn.

Lauf. Zeit in Min.	Err. O in Mm.	Lauf. Zeit in Min.	Err. U in Mm.
7	6,4	9½	6,7
12	6,9	17	7,1
19½	7,1	22	7,1
32	7,0	29½	7,0
46	6,9	48½	6,9
67½	6,6	65	6,6
90	6,4	92½	6,4
95	6,4	122½	6,2
125	6,1	127½	6,2
151½	5,8	154	6,0
183	5,0	185½	5,8
188	4,5		

In dem zweiten Stadium, mit welchem wir uns vortheilhaft zunächst befassen, sinken überall die Err. aller Stellen des Nerven zugleich und zwar, wie man trotz der manchmal auftretenden kleinen Unregelmässigkeiten, der Folgen der Ermü-

dung und der Erholung der Präparate, sofort erkennt, sämmtlich mit abnehmender Geschwindigkeit.

Dieser Uebereinstimmung gegenüber wird durch die Versuche aber auch eine ganz regelmässige Verschiedenheit in dem Verhalten der Err. der verschiedenen Stellen desselben Nerven aufgedeckt. Es haben abgenommen

im Versuche	von der Minute	bis zur Minute	die Err. der Stellen O um Mm.	M	U
VII.	36	51	1,0	1,0	1,0
		77	2,4	2,4	2,3
		145	mehr als 5,1	mehr als 5,1	5,0
VIII.	28	43	0,1	0,1	0,1
		75	1,2	1,1	0,9
IX.	19	57	2,1	2,1	2,1
		68	2,6	2,5	2,5
X.	41	56	0,6	0,6	0,6
		116	1,8	1,7	1,7
XI.	33	49	2,0	—	1,7
		84	5,1	—	4,4
XII.	67	92	0,2	—	0,2
		154	0,8	—	0,6
		185	1,6	—	0,8

Obwohl bei dieser Berechnung alle Ansätze möglichst zu Gunsten der Err. der dem Querschnitte näher gelegenen Stellen gemacht worden sind,[1]) so dass die Abnahme dieser überall zu gering sich darstellt, so fällt es doch sofort auf, dass in der Gesammtzeit, während welcher wir das zweite Stadium in den einzelnen Versuchen verfolgt haben, die Err. der dem Querschnitte nahe gelegenen Stellen immer beträchtlicher gesunken sind als die der von dem Querschnitte entfernten Stellen. Und weiter zeigt es sich, dass die Differenz der Werthe, um welche die Err. der verschiedenen Stellen desselben Nerven innerhalb derselben Zeit abgenommen haben, vom Beginne des zweiten Stadiums an eine längere oder kürzere Zeit hindurch Null gewesen, sodann aber mit der Zeit gewachsen ist. Es

1) So ist jeder Fehler vermieden worden, der aus der ungenügenden Kenntniss der gleichzeitigen Err. hier hätte entspringen können.

nimmt also die Geschwindigkeit bei dem Sinken der Err. zuerst mehr oder weniger lange an den verschiedenen Stellen des Nerven gleichmässig, sodann aber an den von dem Querschnitte entfernteren Stellen rascher ab als an den ihm näher gelegenen Stellen.

Hierin ist bereits enthalten, dass die Differenz der gleichzeitigen Err. der verschiedenen Stellen des Nerven während der ersten Zeit des zweiten Stadiums eine constante ist, sodann aber mit der Zeit wächst. Die Versuche lehren nun, dass jene constante Differenz Null ist, dass also bei dem Beginne des zweiten Stadiums die Err. der verschiedenen Stellen desselben Nerven gleiche Grösse besitzen. Einen strengen Beweis hierfür wird man nach dem oben (S. 443) Erörterten nicht von mir verlangen; ich glaube aber nur auf die Versuche hinweisen zu dürfen, um einen solchen Beweis nicht eben sehr vermissen zu lassen. Nachdem festgestellt ist, dass die Differenz der gleichzeitigen Err. mit der Zeit wächst, scheint mir ein Zweifel an der anfänglichen Gleichheit der Err. unmöglich, wenn man in den Versuchen in langer Zeit die erste merkliche Differenz sich hervorbilden sieht.

Wir wenden uns jetzt dem ersten Stadium zu. Hier sehen wir in einem Theile der Versuche die Err. aller Stellen zugleich entweder zuerst ansteigen und dann sinken (XI, XII), oder sogleich sinken (VIII, X): — in einem anderen Theile der Versuche aber erscheinen die gleichzeitigen Veränderungen der Err. verschieden, der Art, dass das Err. der einen Stelle constant bleibt oder gar sinkt, während das der anderen ansteigt und sinkt; in der Folgezeit sinken dann beide Err. zugleich (VII, IX). Die letzteren Versuche, welche unsere Aufmerksamkeit zuerst in Anspruch nehmen, sind in der Regel solche, in welchen die Prüfungen in der Weise, wie in unseren Vers. VII bis X, vorgenommen wurden, so dass also je zwei Prüfungen derselben Nervenstelle durch eine längere Pause getrennt waren. Auf die Zeitdauer einer einzigen solchen Pause bleiben jene Verschiedenheiten immer beschränkt, und das Err., welches constant bleibt oder sinkt, gehört in einem Versuche der centralen, in einem anderen der peripherischen Stelle des Nerven an. Diese

Momente berechtigen sofort zu der Vermuthung, dass hier nicht in Wahrheit Verschiedenheiten in dem gleichzeitigen Verhalten der Err. der verschiedenen Stellen, sondern vielmehr durch die Versuchsverhältnisse bedingte Erscheinungen vorliegen.

Offenbar können unsere Prüfungen, zumal wenn längere Pausen sie trennen, nur einen sehr mangelhaften Aufschluss über die Veränderungen der Err. im ersten Stadium uns verschaffen. Findet in der Zwischenzeit zweier Prüfungen derselben Nervenstelle eine Schwankung ihres Err. nur in einem Sinne statt, so erfahren wir die Grösse dieser Schwankung, nicht aber ihren zeitlichen Verlauf; und fallen in eine solche Pause eine positive und eine negative Schwankung des Err., so bleibt der wahre Verlauf des Err. während dieser Zeit uns ganz verborgen, und es wird uns das Err., je nach der relativen Grösse der beiden Schwankungen, nur gestiegen oder nur gesunken oder constant geblieben zu sein scheinen. Von welchem Einflusse dies auf diejenigen Versuche sein muss, in welchen mehrere Stellen eines Nerven geprüft werden, wird besser, als durch viele Worte, durch ein Beispiel klar werden. Wir setzen den Fall, die Err. aller Stellen eines Nerven nähmen im ersten Stadium genau denselben Verlauf und hätten auch immer gleichzeitig dieselbe Grösse; ihre gleichzeitigen Werthe sollen unter A der folgenden Tabelle gegeben sein. Es zeigen dann B, C, D und E der Tabelle die verschiedenen Ergebnisse, zu welchen die Prüfung mehrerer Stellen dieses Nerven nach verschiedenen Schematen führen müsste (B nach dem Schema des Vers. VII; C nach Vers. VIII; D ebenso, aber mit wechselnder Reihenfolge der Stellen; E nach Vers. XI).

A.		B.						C.					
Lf. Zeit	Err.	Lf. Zt.	Err. O.	Lf. Zt.	Err. M.	Lf. Zt	Err. U.	Lf. Zt.	Err. O.	Lf. Zt.	Err. M.	Lf. Zt	Err. U.
7	12,7	7	12,7	9	14,0	11	15,0	7	12,7	9	14,0	11	15,0
9	14,0	15	15,5	17	15,5	19	15,0	19	15,0	21	13,8	23	13,4
11	15,0												
13	15,4	D.						E.					
15	15,5												
17	15,5	7	12,7	9	14,0	11	15,0	7	12,7	—	—	9	14,0
19	15,0	23	13,4	21	13,8	19	15,0	11	15,0	—	—	13	15,4
21	13,8							15	15,5	—	—	17	15,5
23	13,4							19	15,0	—	—	21	13,8

Wir brauchen die Zahl der unter B bis E gegebenen Möglichkeiten nicht noch zu vermehren, wie es schon nach den weiteren Schematen allein, welche unseren Versuchen zu Grunde gelegt waren, leicht geschehen könnte: wir haben die Ueberzeugung gewonnen, dass die Veränderungen der Err. der verschiedenen Stellen des Nerven in unseren Versuchen in gleicher Weise vor sich gegangen sein können während der Zeit, während welcher sie uns auf den ersten Blick in ganz verschiedenem Sinne erfolgt zu sein schienen.

Es hat jetzt den Anschein gewonnen, als ob die Aussichten für die Lösung unserer Aufgabe im ersten Stadium sehr trübe wären. Denn wie sollten wir eine genaue Einsicht zu erlangen hoffen dürfen in das gleichzeitige Verhalten der Err. der verschiedenen Stellen durch die Versuche, welche schon daran Zweifel aufkommen liessen, ob diese Err. während derselben Zeit überhaupt nur in gleichem Sinne sich verändert haben? Und in der That würden wir einem complicirten Verhalten der Err. gegenüber hier gewiss unsere Ohnmacht haben eingestehen müssen. Wie dieses Verhalten aber in Wahrheit ist, werden wir uns sogleich ihm noch gewachsen sehen.

Es hilft uns folgende Ueberlegung. Wenn die Err. der verschiedenen Stellen des Nerven im Verlaufe des ersten Stadiums immer gleichzeitig dieselbe Grösse haben, so hat offenbar jede Bestimmung, gleichviel für welche Stelle sie gemacht ist, immer auch für die Err. der anderen Stellen zu derselben Zeit Geltung. Man wird dann also, wenn man auf eine Abscissenaxe, welche die Zeit seit der Trennung des Nerven vom lebenden Organismus bedeutet, als Ordinaten alle im ersten Stadium des Versuches bestimmten Werthe der Err. aufträgt und die Gipfelpunkte a l l e r Ordinaten in ihrer zeitlichen Reihenfolge verbindet, eine Curve erhalten von solcher Gestalt, wie sie die Curve der Fig. 6 als graphischer Ausdruck der Veränderungen des Err. einer einzelnen Nervenstelle zeigt. Es ist hiermit bereits gesagt, doch will ich es noch besonders hervorheben, dass die Curve von solcher Gestalt sich wird ergeben müssen in allen Versuchen, mögen die Prüfungen in ihnen auch nach den verschiedensten Schematen vorgenommen worden sein.

Nur wird es natürlich von der Zahl der Bestimmungen und der Zeit, in welche sie fielen, abhängen, ob jene Gestalt der Curve mehr oder weniger genau ausgeprägt sein wird. Haben aber die Err. der verschiedenen Stellen im ersten Stadium nicht immer gleichzeitig dieselbe Grösse, so wird die durch dasselbe Verfahren erlangte Curve eine andere, unregelmässige und bei Versuchen mit verschiedenen Prüfungsweisen auch verschiedene Gestalt darbieten müssen.

In den Versuchen VII -XII und in allen anderen entsprechenden Versuchen gewinnen wir nun auf die vorgeschriebene Weise[1]) immer eine Curve von der Gestalt der Curve Fig. 6. Bei den Vers. VIII, IX und XI fällt der Gipfel der Curve in die Zwischenzeit resp. der 1. und 2., 3. und 4., 5. und 6. Prüfung; bei den Vers. VII, X und XII ist der Gipfel resp. durch die 4., 1., 5. Prüfung bestimmt. Im Vers. X ist sonach auch nur der absteigende Ast der Curve gegeben, die Zeit des Ansteigens der Err. ist nach unseren früheren Erfahrungen hier schon verflossen gewesen, als wir die Prüfungen begannen.

Wir schliessen jetzt, dass in unseren Versuchen die gleichzeitigen Err. der verschiedenen Stellen des Nerven im ersten Stadium immer von derselben Grösse gewesen sind. Die Ausdehnung dieses Schlusses auch auf die der Beobachtung unzugänglichen allerersten Minuten nach der Trennung des Nerven bedarf keiner weiteren Rechtfertigung, wenn wir eben die gleichzeitigen Err. von der frühesten Zeit der Beobachtung an bis tief in das zweite Stadium hinein immer von gleicher Grösse gefunden haben und erst dann haben ungleich werden sehen.

Eine Unregelmässigkeit, welche sich in dem ersten Stadium der Vers. VII und XI findet, habe ich auch sonst noch ziemlich häufig beobachtet. Die zweite Prüfung des Versuches ergiebt nämlich oft einen beträchtlich geringeren Werth für das Err., als nach den Ergebnissen der ersten und der dritten

---

[1]) Es bedarf wohl kaum einer besonderen Erwähnung, dass die Anfangsbestimmungen des zweiten Stadiums, da sie zugleich Endbestimmungen des ersten Stadiums sind, für die Construction der Curve mit verwandt werden müssen.

Prüfung und nach dem uns wohlbekannten Verlaufe der Curve zu erwarten war. Es ist aber hierfür durchaus gleichgültig, welche der Stellen O, M und U gerade die zweite Prüfung traf. Und diese Erfahrung ist vollkommen ausreichend zum Beweise dessen, dass der Grund der Unregelmässigkeit wiederum nicht in einem verschiedenen Verhalten der verschiedenen Stellen des Nerven, sondern in den äusseren Verhältnissen des Versuches zu suchen ist. Ich glaube die Unregelmässigkeit dadurch bedingt, dass in den betreffenden Versuchen, welche sofort nach dem Einhängen des Muskels begonnen wurden, die ersten Prüfungen noch in die Anfangszeit der sog. Nach- oder Schlussdehnung fielen. In allen Fällen, in welchen die Unregelmässigkeit auftrat, habe ich zugleich heobachtet, dass der Muskel in der Zwischenzeit der ersten und der zweiten Prüfung unter dem Einflusse der Belastung sich noch beträchtlich, um etwa 0,5 bis 1,2 Mm., verlängert hatte. Es würde hiernach die Unregelmässigkeit ihre Erklärung in den Erfahrungen von Volkmann[1]) finden, nach welchen die Verkürzung des Muskels desto geringer ist, je mehr der Muskel durch das angehängte Gewicht bereits verlängert war. Begreiflicher Weise würde aber dann in Rücksicht auf den ganzen Versuch nicht der durch die zweite Prüfung gefundene Werth als zu klein, sondern vielmehr der durch die erste Prüfung bestimmte Werth als zu gross angesehen werden müssen.

Eine andere Unregelmässigkeit zeigt Vers. XI gegen Ende des ersten Stadiums. Sie ist die Folge der Ermüdung des Präparates durch die häufigen Erregungen, wie auch die zahlreichen Unregelmässigkeiten im zweiten Stadium dieses Versuches lehren, und war nach unseren früheren Erfahrungen (s. o. S. 440) als unvermeidlich zu erwarten.

Fassen wir nun Alles zusammen, so haben wir erfahren, dass während des Ansteigens, des beschleunigten Sinkens und einer längeren oder kürzeren Zeit des verzögerten Sinkens die

---

[1]) Berichte der Leipziger Academie 1856. — Ludwig, Physiologie. Zweite Auflage. Bd. I S. 456.

gleichzeitigen Err. der verschiedenen Stellen des Nerven immer von gleicher Grösse sind, dass bei dem weiteren Sinken aber die Abnahme der Geschwindigkeit langsamer erfolgt an der dem Querschnitte näher gelegenen Stelle, so dass das Err. dieser Stelle fortan kleiner ist als das gleichzeitige der von dem Querschnitte entfernteren Stelle und dieser Unterschied der gleichzeitigen Err. mit der Zeit an Grösse zunimmt.

Auch an Präparaten von nur sehr geringer Leistungsfähigkeit lassen sich diese Erfahrungen bestätigen. Den oben mitgetheilten Versuchen gegenüber, welche sämmtlich an Präparaten von grösserer Leistungsfähigkeit angestellt sind, mögen hier zwei Versuche Platz finden, für welche Präparate verwandt worden sind von Fröschen, deren Muskeln sogleich nach dem Tode der Thiere ein ganz weissliches Ansehen, nahezu wie todtenstarre Muskeln, hatten.

Vers. XIII. Länge des Nerven: 82 Mm. Entf. d. St. O von d. Wirbels.: 24 Mm. Aufst. Schliess.						Vers. XIV. Länge des Nerven: 85 Mm. Etf. d. St. O v. d. Wirbels.: 20 M. Aufst. Schliess.			
Lf. Zt.	Err. O.	Lf. Zt.	Err. M.	Lf. Zt.	Err. U.	Lf. Zeit	Err. O.	Lf. Zeit	Err. U.
9	15,1	10½	14,9	12	14,6			10	15,0
19	13,5	20½	12,9	22	12,6	12	14,0	14	13,0
29	11,0	30½	10,0	32	9,6	16	11,8	18	10,1
43	7,9	41½	8,2	40	8,6	20	9,0	22	8,1
51	7,0	52½	6,7	54	6,5	24	7,2	26	6,8
80	unter	81½	unter	83	unter	30	5,4	32	5,5
	3 Mm.		3 Mm.		3 Mm.	36	4,0	38	4,6
						42	unter	44	3,8
							3 Mm.	50	3,0

Construirt man für Vers. XIII die Curven der Err. der verschiedenen Stellen des Nerven, bezogen auf dieselbe Abscissenaxe als Zeit, so fallen die drei Curven, so weit die Err. verfolgt worden sind (bis zur 54. Min.) zusammen. Verfährt man ebenso für Vers. XIV., so decken die Curven O und U einander bis zur 22. Minute genau, von hier an aber fällt die Curve O steiler ab als die Curve U.

Selbstverständlich kann der Unterschied, welchen wir in dem Verhalten des Err. zwischen verschiedenen Stellen dessel-

ben Nerven aufgefunden haben, nicht durch die Erregungen herbeigeführt sein, da ja alle Stellen gleich stark und gleich oft erregt worden sind[1]). Wohl aber können die Erregungen auf die Grösse des Unterschiedes, wie sie im einzelnen Versuche hervortritt, von Einfluss gewesen sein. Von dem Zeitpunkte an, wo die gleichzeitigen Err. der verschiedenen Stellen nicht mehr genau gleiche Grösse haben, ist die dem Querschnitte näher gelegene Stelle, deren Err. rascher auf Null herabsinkt, gewissermaassen als weniger leistungsfähig zu betrachten, und sie wird demnach von jenem Zeitpuncte an durch die gleich starken und gleich häufigen Erregungen doch mehr erschöpft worden sein können, als die von dem Querschnitte entferntere Stelle. Hiernach wird also in jedem einzelnen Versuche der Unterschied im Verhalten der Err. der verschiedenen Stellen etwas grösser sich herausgestellt haben, als er in Wahrheit war, und zwar wird diese Differenz zwischen dem beobachteten und dem wahren Unterschiede desto grösser gewesen sein, je grösser der wahre Unterschied war. Um uns später nicht unterbrechen zu müssen, wollen wir sogleich noch etwas weiter gehen. Wenn wir in verschiedenen Versuchen, in welchen immer gleich weit von einander entfernte Stellen nach demselben Schema geprüft worden sind, den Unterschied im Verhalten der Err. von verschiedener Grösse finden, dürfen wir, wie jetzt sofort ersichtlich ist, aus einem grösseren beobachteten Unterschiede immer auch auf einen grösseren wahren Unterschied schliessen. Dieser Schluss wird aber eben nur bei Versuchen mit gleicher Prüfungsweise erlaubt sein; denn offenbar wird demselben wahren Unterschiede bei häufigeren Prü-

---

[1]) In einigen am Helmholtz'schen Myographion angestellten Versuchen ist zur Bestimmung des Zeitpunktes der Reizung nach der jedesmaligen Prüfung der Stellen noch die Stelle U, aber immer nur diese, erregt worden. Entweder wurde hierdurch die Zahl der Erregungen für die Stellen O und U gleich gross gemacht, wie z. B. im Vers. XVII, oder es kamen zu der schon gleichen Zahl noch diese Erregungen der Stelle U hinzu, wodurch die oben im Texte besprochene grössere Ermüdung der Stelle O gewiss zum Mindesten compensirt worden ist.

fungen ein grösserer beobachteter Unterschied entsprechen als bei selteneren Prüfungen.

Bei den Versuchen, von welchen bisher gehandelt wurde, war die Stelle O immer mehr als 7 Mm. von der Wirbelsäule entfernt gewesen. Wir gehen jetzt an die Betrachtung von Versuchen, bei welchen diese Entfernung 7 Mm. oder weniger betragen hat.

Vers. XV.

Länge des Nerven: 63 Mm.
Entf. d. St. O v. d. Wirbels.: 7 Mm.
Aufst. Schliess.

Lauf.Zeit	Err. O.	Lauf.Zeit	Err. U.
11	13,9	13	14,0
15	14,2	17	14,4
19	14,4	23	14,5
25	14,4	27	14,4
29	14,3	31	14,0
33	14,0	36	14,2
—		—	
39	13,4	41	14,2
43	13,3	45	13,9
47	13,3	49	14,0
51	13,2	53	14,0
55	12,9	57	13,9

Vers. XVI.

Länge des Nerven: 68 Mm.
Entf. d. St. O v. d. Wirbels.: 5 Mm.
Abst. Schliess.

Lf. Zeit	Err. O	Lf. Zeit	Err. U
7	12,1	9	12,5
11	12,9	13	13,7
—		—	
15	11,9	17	12,0
23	11,4	25	12,0
27	11,0	29	11,7
31	10,3	33	11,8
35	9,9	37	11,9
41	9,8	43	11,8
45	9,7	47	11,7
49	9,2	53	11,2
57	9,0	61	11,2

Vers. XVII.

Länge des Nerven: 63 Mm.
Entf. d. St. O v. d. Wirbels.: 5 Mm.
Aufst. Oeffn.

	O.		U.
8	6,9	10½	7,3
13	6,8		
19	6,7	21½	7,7
24	6,7		
30	6,6	32½	7,6
35	6,4	37½	7,3
—		—	
51	6,3	53½	6,9
69	6,2	71½	6,7
74	6,2	84½	6,5
87	6,0	89½	6,5
105	5,7	107½	6,3
110	5,7		
129½	5,9	132	6,8
134½	5,9		
211	u. 3 Mm.	221	6,8
		236	6,7

Vers. XVIII.

Länge des Nerven: 64 Mm.
Entf. d. St. O v. d. Wirbels.: 4 Mm.
Aufst. Schliess.

	O.		U.
5	10,2	7	10,4
9	10,4	11	11,4
13	10,7	15	12,1
17	10,7	19	12,2
21	10,7	23	12,1
25	10,6	27	12,0
29	10,7	31	12,0
—		—	
33	10,1	35	11,9
37	9,0	39	11,3
41	7,8	43	11,4
45	5,4	47	11,3
49	unt. 4 M.	51	11,3
	Err. M.	55	11,2
57	10,7	59	11,2
61	10,6	63	11,3
		67	11,3
69	10,1	71	10,8

Im zweiten Stadium sinken in den Vers. XV, XVI und XVII alle Err. mit abnehmender Geschwindigkeit, im Vers. XVIII aber nur das Err. der Stelle U mit abnehmender, das der Stelle O hingegen mit zunehmender Geschwindigkeit. Auf die Abweichung, welches dieses letzte Err. an und für sich somit von dem gesetzmässigen Verhalten zeigt, werden wir weiterhin zu sprechen kommen (s. u. S. 474): augenblicklich ist es uns nur um die Vergleichung des Verhaltens der Err. der verschiedenen Stellen zu thun.

Es ist in der Gesammtzeit, während welcher wir das zweite Stadium in den einzelnen Versuchen verfolgt haben, das Err. der Stelle O immer mehr und in den Vers. XVII und XVIII sogar auffallend mehr gesunken als das Err. der Stelle U, und es ist die Differenz der Werthe, um welche die Err. der verschiedenen Stellen desselben Nerven innerhalb derselben Zeit abgenommen haben, immer mit dieser Zeit gewachsen.

Sogleich bei dem Beginne des zweiten Stadiums ist hier überall das Err. der Stelle O kleiner gewesen als das gleichzeitige der Stelle U, und diese Differenz der gleichzeitigen Err. hat überall, wie es nach dem Vorigen sich schon von selbst versteht, mit der Zeit rasch an Grösse zugenommen.

Für das erste Stadium nehmen wir unsere Zuflucht wieder zu dem Verfahren, welches wir oben mit Erfolg in Anwendung gezogen haben. Wir tragen für jeden einzelnen Versuch auf die Abscissenaxe, welche die Zeit bedeuten soll, alle im ersten Stadium bestimmten Werthe der Err. als Ordinaten auf und verbinden die Gipfelpunkte sämmtlicher Ordinaten in ihrer zeitlichen Reihenfolge. Die Ergebnisse sind dann bei den verschiedenen Versuchen verschiedene.

Vers. XV liefert eine Curve, deren Gestalt bis über das Anfangsstück des absteigenden Astes hinaus der Curve Fig. 6 entspricht, sodann aber unregelmässig wird. Als Grund der Unregelmässigkeit ergiebt sich sofort, dass die letzten der Stelle U angehörenden Ordinaten sämmtlich grösser sind als die der Stelle O. Wir kommen hier somit ohne Schwierigkeit zu dem Schlusse, dass die gleichzeitigen Err. der Stellen O und U während des Ansteigens und der ersten Zeit des beschleunigten

Sinkens immer von gleicher Grösse gewesen sind, zuletzt aber von ungleicher Grösse, weil die Geschwindigkeit beim Sinken des Err. an der Stelle O rascher zugenommen hat als an der Stelle U.

Die Curve des Vers. XVI ist in ihrem ansteigenden wie in ihrem absteigenden Aste convex gegen die Abscissenaxe, und die beiden Curven, welche die Vers. XVII u. XVIII liefern, zeigen eine kammförmige Gestalt. In den Vers. XVI, XVII u. XVIII sind also während der Zeit des ersten Stadiums, welche wir mit unseren Prüfungen verfolgt haben, die gleichzeitigen Err. der verschiedenen Stellen des Nerven von ungleicher Grösse gewesen. Es bleibt uns hier nur noch das zu thun übrig, dass wir die Gipfelpunkte immer nur der Ordinaten unter einander verbinden, welche der Ausdruck der Werthe des Err. einer einzelnen Nervenstelle sind. Wir erhalten so für jeden der drei Versuche zwei Curven von der Gestalt der Curve Fig. 6[1]), und es zeigt sich in allen Versuchen übereinstimmend, dass die Ordinaten der Curve O durchweg kleiner sind als die der Curve U, und dass das kleinere Maximum der Curve O auch früher eintritt als das der Curve U.

Viel weiter in der Erkenntniss kommen wir bei diesen Versuchen nicht; nur über einen Punkt, der aber allerdings gerade von Bedeutung ist, vermögen wir noch etwas auszusagen. In den Vers. VII—XIV haben wir die gleichzeitigen Err. der verschiedenen Stellen des Nerven erst früher oder später im zweiten Stadium von ungleicher Grösse werden sehen, im Vers. XV bildete sich die Verschiedenheit der gleichzeitigen Err. noch während des beschleunigten Sinkens im ersten Stadium hervor. Es liegt nun die Vermuthung sehr nahe, dass in unseren Vers. XVI—XVIII, in welchen wir die gleichzeitigen Err. schon während des Ansteigens von ungleicher Grösse gefunden haben, nur der Grenzfall hier vertreten ist, indem auch bei ihnen zu allererst die gleichzeitigen Err. von gleicher Grösse gewesen und nur eben sehr früh schon von verschie-

[1]) Der Gipfel der Curve O im Vers. XVII ist entweder durch die erste Prüfung getroffen oder fällt in die Zwischenzeit der 1. und 2. Prüfung; im ersteren Falle wäre das Ansteigen des Err. dieser Stelle schon bei dem Beginne des Versuches beendet gewesen.

dener Grösse geworden seien. Und in der That ergiebt eine genauere Betrachtung der Vers. XVI und XVIII (im Vers. XVII sind zu wenige Prüfungen in die Zeit des Ansteigens gefallen) die Richtigkeit jener Vermuthung. In beiden Versuchen ist die Differenz der gleichzeitigen Err. mit der Zeit des Ansteigens gewachsen, und die somit gegen den Zeitpunkt der Trennung des Nerven hin convergirenden Curven O und U treffen noch in der Zwischenzeit der beiden ersten Prüfungen zusammen.

Wir können die gesonderte Betrachtung der Vers. XV bis XVIII nicht aufgeben ohne die Bemerkung, dass die strenge Scheidung des ersten und zweiten Stadiums bei diesen Versuchen sich als unzulässig herausgestellt hat. In den Vers. VII bis XII, wo die gleichzeitigen Err. der Stellen O und U bis mehr oder weniger tief in das zweite Stadium hinein immer von gleicher Grösse waren, sind somit auch beide Err. gleichzeitig in das zweite Stadium ihres Verlaufes getreten. Anders aber in jenen letzten Versuchen, in welchen die gleichzeitigen Err. der Stellen O und U noch während des ersten Stadiums von verschiedener Grösse wurden. Hier haben unzweifelhaft in den Vers. XV und XVII und höchst wahrscheinlich auch in den anderen Versuchen die zweiten Stadien der beiden Err. zu verschiedenen Zeiten begonnen. Wir geben deshalb die Trennung der Stadien, die wir doch nur zum Vortheile der Darlegung oben vorgenommen haben, jetzt gern wieder ganz auf.

Ueberblicken wir nunmehr unsere Versuche insgesammt, so waren in allen die gleichzeitigen Err. der Stellen O und U — wir betrachten diese Stellen allein — in der ersten Zeit nach der Trennung des Nerven von gleicher Grösse, sodann wurde das Err. der Stelle O kleiner als das gleichzeitige der Stelle U, und dieser Unterschied der gleichzeitigen Err. nahm mit der Zeit an Grösse zu.

In Betreff der Zeit aber, wann die gleichzeitigen Err. der beiden Stellen von ungleicher Grösse wurden, haben die verschiedenen Versuche verschiedene Ergebnisse geliefert. Das Err. der Stelle O ist in den Versuchen, in welchen diese Stelle

7 Mm. oder weniger von der Wirbelsäule entfernt war, mit nur wenigen Ausnahmen während des beschleunigten Sinkens oder gar schon während des Ansteigens, in den Versuchen aber, in welchen jene Entfernung 10 oder mehr Mm. betrug, erst früher oder später während des verzögerten Sinkens kleiner geworden als das gleichzeitige Err. der Stelle U. Oder achten wir jetzt lieber auf absolute Zeitverhältnisse, da die Bedingungen, von welchen die in den verschiedenen Versuchen verschiedene Dauer des Ansteigens abhängig ist, uns noch nicht genügend bekannt sind, so sind die gleichzeitigen Err. in den ersteren Versuchen nur höchst selten länger als 30 Min., in den letzteren Versuchen aber immer länger, meist sogar beträchtlich länger als 30 Min. nach der Trennung des Nerven von gleicher Grösse geblieben.

Nur in dieser groben Erfahrung spricht sich, wenn wir eben alle unsere Versuche zugleich in's Auge fassen, das Abhängigkeitsverhältniss aus, in welchem die Zeit des Eintritts der Verschiedenheit der gleichzeitigen Err. zu der Entfernung der Stelle O vom Querschnitte des Nerven steht. Wir übersehen aber leicht, dass, wenn jene Zeit noch von anderen Bedingungen abhängig ist, ein besseres Ergebniss nicht zu erwarten war, da in den Versuchen, in welchen wir die Entfernung der Stelle O vom Querschnitte verschieden gross nahmen, die anderen Bedingungen gewiss nicht immer constant erhalten worden sind. Gelingt es uns, eine oder mehrere dieser Bedingungen zu ermitteln und vergleichen wir dann immer nur eine kleine Anzahl von Versuchen, in welchen diese Bedingungen constant geblieben oder wenigstens nicht bedeutend verändert worden sind, so ist zu hoffen, dass hier die uns beschäftigende Abhängigkeit schärfer hervortreten wird.

Wir haben oben gesehen, dass unsere Prüfungen nicht einen Unterschied im Verhalten der Err. haben hervorrufen, sondern nur einen bereits vorhandenen Unterschied haben vergrössern können. Hiernach scheinen auf den ersten Blick Versuche mit verschiedenen Prüfungsweisen in Betreff der Zeit des Eintritts der Verschiedenheit der gleichzeitigen Err. unbedenklich verglichen werden zu dürfen. Allein unzweifelhaft giebt es in

jedem Versuche eine Zeit, in welcher ein Unterschied der gleichzeitigen Err. bereits vorhanden ist, aber wegen seiner geringen Grösse, indem diese innerhalb der Fehlergrenzen der Messungen und der Bestimmung der gleichzeitigen Err. fällt, noch nicht zur Beobachtung kommt. Und diese Zeit wird durch häufige Prüfungen mehr verkürzt werden als durch seltene, so dass, wenn in zwei Versuchen die gleichzeitigen Err. in Wahrheit zu genau derselben Zeit von ungleicher Grösse geworden sind, ihre Verschiedenheit doch in demjenigen Versuche, in welchem die Prüfungen häufiger vorgenommen wurden, uns früher aufgetreten zu sein scheinen wird als in dem anderen.

Bei Versuchen mit gleicher Prüfungsweise kommt wieder ein anderer Umstand in Betracht: die verschiedene Leistungsfähigkeit der Präparate. Es ist ohne Weiteres klar, dass bei gegebener Anzahl der Prüfungen durch eine geringere Leistungsfähigkeit des Nerven die Zeit, während welcher der Unterschied der gleichzeitigen Err. nicht zur Beobachtung kommt, ebenso wird mehr verkürzt werden können, wie vorhin durch die grössere Anzahl der Prüfungen bei gleicher Leistungsfähigkeit. Sehen wir aber auch ganz hiervon ab, so ist die Möglichkeit vorhanden, dass die Verschiedenheit der gleichzeitigen Err. zweier Stellen unter sonst denselben Bedingungen desto früher eintritt, je weniger leistungsfähig das Präparat ist.

Endlich ist noch die in den verschiedenen Versuchen verschiedene Feinheit unseres Maasses in Erwägung zu ziehen. Gesetzt, es handele sich bei zwei in jeder Beziehung gleichen Präparaten, welche unter denselben Bedingungen gehalten werden, um die Prüfung der Err. immer genau der nämlichen zwei Stellen ihrer Nerven: unter dieser Voraussetzung wird beide Male die Verschiedenheit der gleichzeitigen Err. zu derselben Zeit eintreten und in gleicher Weise der Grösse und der Zeit nach zunehmen müssen. Wir belasten nun den Muskel des Präparates A mit einem geringen Gewichte, so dass kurz vor dem Eintritte des Unterschiedes wir bei der Prüfung des Nerven die Zuckungsgrösse von 18 Mm. erlangen, den Muskel des Präparates B hingegen belasten wir mit einem viel

grösseren Gewichte, so dass wir hier zu derselben Zeit nur die Zuckungsgrösse von 6 Mm. erhalten. Wenn dann der Unterschied der gleichzeitigen Err. bei dem Präparate A 20 Min., nachdem er in Wahrheit eingetreten ist, $^1/_4$ Mm. und nach weiteren 30 Min. $^3/_4$ Mm. beträgt, so wird derselbe bei dem Präparate B 50 Min. nach seinem wahren Eintritte erst $^1/_4$ Mm. betragen können[1]). Fällt nun der Unterschied der gleichzeitigen Err. so lange, bis er die Grösse von $^1/_4$ Mm. erlangt hat, innerhalb der Fehlergrenzen unserer Messungen und der Bestimmung der gleichzeitigen Err., so wird er offenbar bei dem Präparate A uns beträchtlich früher eingetreten zu sein scheinen als bei dem Präparate B. Und was in diesem Falle die verschiedene Belastung bei gleicher Grösse der Präparate, bei gleicher Temperatur u. s. f. bewirkt hat, dafür wird natürlich bei gleicher Belastung die verschiedene Grösse der Präparate oder die verschiedene Temperatur (s. u. IV) u. s. w. Anlass sein können.

Es bedarf keiner langen Auseinandersetzung, dass wir den strengsten Anforderungen, welche nach dem über die Leistungsfähigkeit und die Feinheit des Maasses[2]) Gesagten an uns gestellt werden könnten, mit unseren Versuchen zu genügen nicht im Stande sind. Was wir thun können, ist, dass wir unter unseren Versuchen mit gleicher Prüfungsweise immer solche zur Vergleichung auswählen, in welchen die Err. der Stellen U zur Zeit des Beginns des verzögerten Sinkens von ohngefähr gleicher Grösse gewesen und auch in ohngefähr gleicher Zeit nach der Trennung des Nerven auf 5 oder 4 oder 3 Mm. gesunken[3]) sind. Allerdings können wir von solchen Versuchen

---

1) Wir sehen von dem Einflusse der grösseren Ermüdung des Muskels B, der hier auch kaum beträchtlich sein würde, ganz ab.

2) Nachdem auseinander gesetzt ist, was ich unter „Feinheit des Maasses“ verstehe, glaube ich diesen Ausdruck unbedenklich beibehalten zu dürfen.

3) Versuche, in welchen die Err. der Stellen U nicht bis zu demselben schliesslichen Werthe verfolgt worden sind, sehen wir, wofern nur die anderen Bedingungen erfüllt sind, dann für vergleichbar an,

nicht mehr aussagen, als dass die Leistungsfähigkeit der Präparate und die Feinheit des Maasses in ihnen nicht sehr verschieden gewesen sind, aber glücklicherweise kommen wir doch auch schon so zu befriedigenden Ergebnissen.

Sobald wir jetzt zwei Versuche neben einander halten, in welchen die Abstände der Stellen O von der Wirbelsäule beträchtlicher verschieden angenommen waren, zeigt es sich ausnahmslos, dass die Verschiedenheit der gleichzeitigen Err. beträchtlich früher eingetreten ist in dem Versuche, in welchem die Stelle O näher dem Querschnitte sich befand. Aber auch bei nur geringem (etwa 5 Mm. betragendem) Unterschiede der Stellen O in den der Vergleichung unterzogenen Versuchen machen wir oft dieselbe Erfahrung, nur dass hier der zeitliche Unterschied in dem Eintreten der Verschiedenheit auch geringer sich herausstellt. Und die Zusammenstellung mehrerer solcher Versuche legt dann manchmal sehr deutlich den stufenweise früheren Eintritt der Verschiedenheit mit der stufenweise erfolgten Annäherung der Stelle O an den Querschnitt des Nerven dar.

Von den mitgetheilten Versuchen lassen sich einmal die Vers. XI, XV, XVI und XVIII und wiederum die Vers. XII und XVII zu Vergleichungen benutzen. Begreiflich ist aber gerade hier für die Sicherheit der Erfahrungen ein viel grösseres Material erforderlich, als es oben hat vorgelegt werden können.

Wenn wir nun in dem Falle, dass in den der Vergleichung unterzogenen Versuchen der Unterschied der Abstände der Stellen O von dem Querschnitte nur gering ist, manchmal gar keinen deutlichen Unterschied in der Zeit des Eintritts der Verschiedenheit der gleichzeitigen Err. beobachten und manchmal diese Verschiedenheit sogar früher eingetreten sehen in dem Versuche, in welchem der Abstand der Stelle O grösser gewesen ist, so werden wir uns hierdurch gewiss nicht beirren

---

wenn die gegen die Abscissenaxe convexen Stücke der absteigenden Aeste der Curven U ohngefähr die gleiche Steilheit in ihrem Verlaufe zeigen.

lassen, da diese Ausnahmefälle ihre hinreichende Erklärung in den immer noch zahlreichen Fehlerquellen der Vergleichung finden. Ich brauche zunächst nur daran zu erinnern, dass wir den Einfluss der verschiedenen Leistungsfähigkeit der Präparate und der verschiedenen Feinheit des Maasses nicht vollkommen eliminirt haben. Sodann ist die Möglichkeit zu erwägen, dass die Zeit des (wahren) Eintritts der Verschiedenheit der gleichzeitigen Err. ausser von der Nähe des Querschnittes und der Leistungsfähigkeit des Präparates (s. u.) auch noch von anderen, uns unbekannten Bedingungen abhängig ist. Endlich aber muss ich ein besonderes Gewicht darauf legen, dass wir den Abstand der Stelle O von dem Querschnitte immer nur ungenau haben bestimmen können. Der wellige Verlauf der Nervenfasern, dessen Ausdruck die Fontana'sche Streifung ist, macht vollkommen sichere Messungen an den Nerven unmöglich. Für verschiedene Messungen an demselben Nerven verhilft die Spannung desselben bis zum Verschwinden der Fontana'schen Streifung zu einer grösseren Genauigkeit; aber wo es, wie in unserem Falle, um Messungen an verschiedenen Nerven sich handelt, können wieder durch den verschiedenen Spannungsgrad der Nerven grössere Fehler herbeigeführt werden. Besonders an solche Fehler wird bei den obigen Ausnahmefällen zu denken sein, und es wird dann auch nicht zu übersehen sein, dass wir immer nur die Entfernung der Stelle O von der Wirbelsäule bestimmt haben (s. o. S. 437 Anm.): wie ich mich wiederholt überzeugt habe, schwankt die Länge des Wirbelsäule-Stücks von der Austrittsstelle des 8. Rückenmarksnerven bis zu dem oberen Ende des 7. Wirbels bei Fröschen von verschiedener Grösse um einige Mm.

Uebertragen wir die Erfahrung, welche wir bei mehreren Nerven von durchaus gleichen Präparaten gemacht haben, wie es doch unbedenklich geschehen kann, auf einen und denselben Nerven, so darf jetzt als gesichert angesehen werden, dass die Verschiedenheit der gleichzeitigen Err. zweier 43 Mm. von einander entfernter Stellen eines Nerven desto früher eintritt, je geringer der Abstand der Stellen von dem Querschnitte des Nerven ist. Mit diesem früheren Eintritte der Verschiedenheit geht aber

auch eine raschere Zunahme derselben Hand in Hand. Es bedarf erst keines besonderen Eingehens auf diesen Zusammenhang, da er bei den vorhin als vergleichbar erkannten Versuchen ganz unmittelbar klar und bestimmt hervortritt. Alles was über den Eintritt der Verschiedenheit der gleichzeitigen Err. verhandelt ist, liesse sich in Betreff der verschieden raschen Zunahme derselben wiederholen.

Bei den an leistungsfähigen Präparaten angestellten Versuchen, in welchen die Stelle O in einer grösseren Entfernung von dem Querschnitte angenommen war, sehen wir den Unterschied der gleichzeitigen Err. nur sehr langsam an Grösse zunehmen, und hier, müssen wir schliessen, hat gewiss eine längere Zeit hindurch eine Verschiedenheit der Err. bereits bestanden, bevor sie zu unserer Beobachtung kam. Bei solchen Versuchen muss demnach auch der Einfluss der verschiedenen Prüfungsweise und der verschiedenen Feinheit des Maasses auf die Zeit, wann der Unterschied der gleichzeitigen Err. hervortrat, besonders sich geltend gemacht haben. In der That fällt dies schon bei einer oberflächlichen Durchsicht der Versuche auf, und eine genauere Vergleichung derselben ergiebt noch weiter die Richtigkeit viel eingehenderer Schlüsse, welche auf Grund der obigen theoretischen Erörterungen hier sich ziehen lassen. Leider muss ich es aber, so interessant der Gegenstand auch ist, weil er zeigt, wie sehr wir Herren der Complicationen geworden sind, bei diesen Andeutungen bewenden lassen, da eine ausführliche Erörterung hier viel zu weit führen würde. Aus der Vergleichung der Vers. VII—XII wird leicht manches Hierhergehörige sich entnehmen lassen.

Wie bereits angedeutet worden ist, hängt die Zeit des (wahren) Eintritts der Verschiedenheit der gleichzeitigen Err. ausser von der Entfernung der Stelle O vom Querschnitte noch von der Leistungsfähigkeit des Präparates ab, und zwar tritt unter sonst denselben Bedingungen die Verschiedenheit desto früher ein, je weniger leistungsfähig das Präparat ist. Wir entnehmen dies daraus, dass unter solchen Versuchen, in welchen bei gleicher Prüfungsweise und ohngefähr gleicher Feinheit des Maasses auch die Stellen O gleich weit von dem Querschnitte

entfernt waren, die an nur wenig leistungsfähigen Präparaten angestellten Versuche durchweg einen früheren Eintritt der Verschiedenheit uns zeigen. Zu demselben Ergebnisse führt die Vergleichung von Versuchen, in welchen bei ungleichen, jedoch nicht allzu verschiedenen Abständen der Stellen O die Präparate von sehr verschiedener Leistungsfähigkeit waren und bei dem wenig leistungsfähigen Präparate die Stelle O weiter entfernt vom Querschnitte gelegen war (vgl. Vers. XI u. XIV). Es ist aber sehr interessant, dass, wenn die Stelle O in einem Versuche A an einem sehr wenig leistungsfähigen Präparate weit entfernt von der Wirbelsäule, in einem Versuche B an einem sehr leistungsfähigen Präparate hingegen sehr nahe der Wirbelsäule sich befunden hatte, die Verschiedenheit der gleichzeitigen Err. immer früher im Versuche B eingetreten ist, also der Einfluss der höchst verschiedenen Leistungsfähigkeit den ihm entgegenwirkenden Einfluss des verschiedenen Abstandes der Stelle O von dem Querschnitte nicht hat verdecken können (vgl. Vers. XIV mit Vers. XVI oder XVIII). Es wird hierdurch erklärlich, dass bei unseren früheren Vergleichungen der Versuche die unvollkommene Eliminirung der verschiedenen Leistungsfähigkeit der Präparate nicht sehr störend gewesen ist.

Wir wissen nunmehr Folgendes: Die gleichzeitigen Err. zweier 43 Mm. von einander entfernter Stellen des Nerven sind unmittelbar nach der Trennung des Nerven von gleicher Grösse und bleiben es eine desto längere Zeit hindurch, je weiter die betreffenden Stellen von dem Querschnitte entfernt sind. Dann wird das Err. der dem Querschnitte näher gelegenen Stelle kleiner als das gleichzeitige der anderen Stelle, und dieser Unterschied der gleichzeitigen Err. nimmt mit der Zeit an Grösse zu und zwar desto rascher zu, je näher die Stellen dem Querschnitte sich befinden. — Die absolute Grösse aller hierbei in Betracht kommenden Zeiten ist desto geringer, je weniger leistungsfähig das Präparat ist.

Was die Curve der gleichzeitigen Err. in Bezug auf den Nerven als Abscissenaxe betrifft, können wir jetzt aussagen, dass sie unmittelbar nach der Trennung des Nerven eine in

einem Intervall, dessen ein- oder mehrfache Länge 43 Mm. beträgt, genau sich wiederholende Gestalt besitzen muss. Im Uebrigen aber bleibt die Gestalt der Curve unbestimmt: sie kann eine gerade Linie, eine Wellenlinie oder auch ganz unregelmässig sein. Da wir in den Versuchen, in welchen ausser den Stellen O und U noch eine dritte, gerade in der Mitte zwischen ihnen befindliche Stelle M geprüft wurde, die gleichzeitigen Err. aller drei Stellen von gleicher Grösse angetroffen haben, müssen 43 Mm. ein Multiplum des Intervalls sein, in welchem die Curve sich wiederholt. Es ist aber offenbar höchst unwahrscheinlich, dass wir, von ganz äusseren Gründen bei der Wahl des gegenseitigen Abstandes der zu prüfenden Stellen geleitet, gerade eben genau ein Multiplum des Intervalls getroffen haben sollten, wenn im Uebrigen der Curve eine ganz unregelmässige Gestalt oder selbst nur Wellenform zukommt. Dagegen ist es eben deshalb höchst wahrscheinlich, dass die Curve der gleichzeitigen Err. in Bezug auf den Nerven als Abscissenaxe unmittelbar nach der Trennung des Nerven eine der Abscisse parallele Gerade ist. Nehmen wir dies als Thatsache an — und wir werden es später experimentell feststellen —, so lässt sich unseren Erfahrungen jetzt folgende Fassung geben:

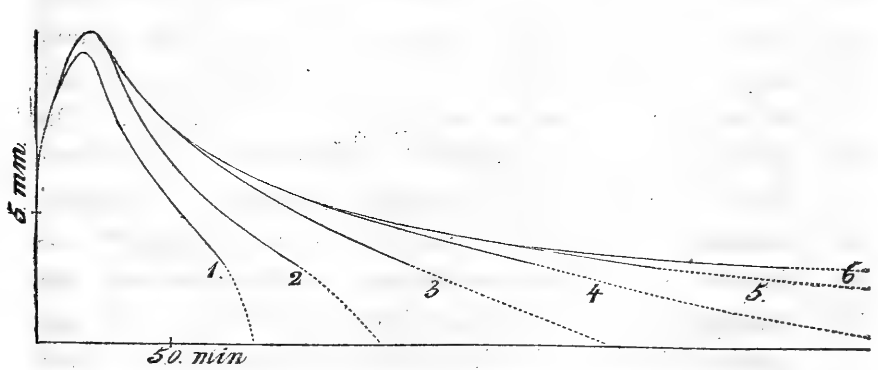
> An allen Stellen des Nerven steigt sofort nach der Trennung desselben vom lebenden Organismus das Erregungsmaximum mit rasch abnehmender Geschwindigkeit zu einem oberen Grenzwerthe an und fällt sodann eine kurze Zeit hindurch mit beschleunigter, später mit abnehmender Geschwindigkeit bis zu Null ab. Die gleichzeitigen Erregungsmaxima aller Stellen des Nerven sind zuerst nach der Trennung desselben von gleicher Grösse. Mit der Zeit aber wird, vom Querschnitte des Nerven aus gegen den Muskel hin fortschreitend, das Erregungsmaximum einer Stelle des Nerven nach der anderen kleiner als die gleichzeitigen und immer noch gleich grossen Erregungsmaxima aller dem Muskel näher gelegenen Stellen. Die einmal eingetretene Verschiedenheit wächst dann mit der Zeit und zwar desto rascher,

je früher sie eingetreten ist. — Die absolute Grösse aller hierbei in Betracht kommenden Zeiten ist desto geringer, je weniger leistungsfähig das Präparat ist.

Ich mache darauf aufmerksam, dass, wo wir während des ganzen Versuches oder auch nur während eines Theiles desselben ausser den Stellen O und U noch eine mittlere Stelle M geprüft haben, das Verhalten des Err. dieser Stelle durchaus so sich herausgestellt hat, wie es nach den vorstehenden Sätzen zu erwarten war. Es haben aber die Versuche, in welchen drei Stellen des Nerven geprüft wurden, die genaueren Aufschlüsse über die Zeiten des Eintritts der Verschiedenheit der gleichzeitigen Err., welche ich von ihnen erwartet hatte, nicht geliefert, weil es mir nicht möglich gewesen ist, jene Zeiten genügend genau zu bestimmen: bei den Versuchen, in welchen die Stelle O in grösserer Nähe des Querschnittes sich befand, reichte die Zahl der Bestimmungen der Err., welche möglich war, nicht aus, und wieder bei den Versuchen, in welchen die Stelle O weiter entfernt vom Querschnitte gelegen war, wurden durch das langsame Anwachsen der Verschiedenheit zu grosse Fehlerquellen eingeführt.

In den Figg. 7 und 8 sind graphische Darstellungen unserer Erfahrungen gegeben. Fig. 7 zeigt die Curven der Err.

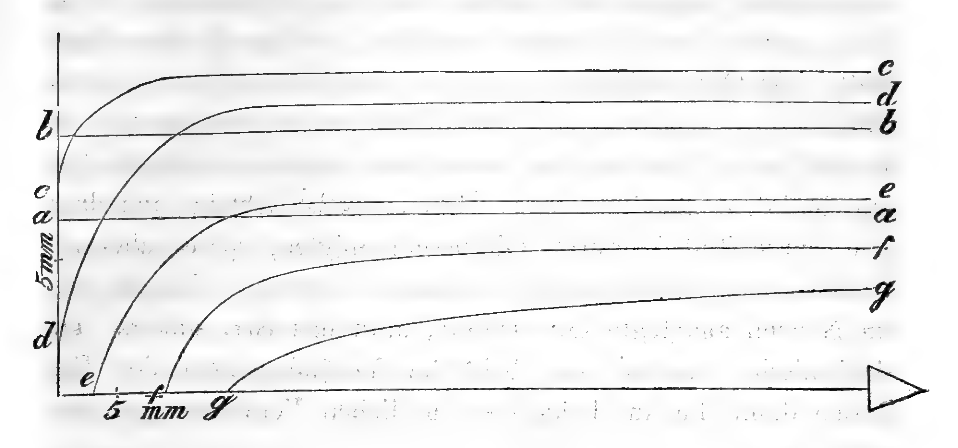
Fig. 7.



verschiedener Stellen eines (leistungsfähigen) Nerven, bezogen auf die Zeit nach der Trennung des Nerven vom lebenden Or-

ganismus[1]); die Curven 1, 2, 3, 4, 5, 6 gehören Stellen an, welche etwa 6, 11, 16, 29, 52, 75 Mm. von dem Querschnitte entfernt sind. Fig. 8 giebt dann die Curven der gleichzeitigen

Fig. 8.



Err., bezogen auf den Nerven als Abscissenaxe, für den nämlichen Nerven, wie vorhin, und für verschiedene Zeitpunkte nach der Trennung desselben; die den Curven a, b, c, d, e, f, g entsprechenden Zeiten sind etwa: 0, 4, 17, 30, 70, 120, 210 Min. nach der Trennung des Nerven.

Wir haben bisher geflissentlich jede Aeusserung unterlassen über das Ursächliche der Veränderungen des Err., welche wir beobachtet haben. Jetzt geht dies nicht länger an. Doch wollen wir den Gegenstand hier eben nur so weit behandeln, als es für unser Vorwärtskommen durchaus nothwendig ist, und seine eingehende Erörterung für eine spätere Zeit aufsparen, wo ein grösserer und in sich mehr abgeschlossener Kreis von Thatsachen uns vorliegen wird.

Unsere Erfahrungen drängen uns die Auffassung auf, dass die zeitlichen Veränderungen des Err. am ganzen Nerven die Folge von zweierlei Ursachen sind, von denen die eine von dem Zeitpunkte der Trennung des Nerven an auf die Err.

1) Der Zeichnung sind vergleichbare (s. o. S. 462) Versuche zu Grunde gelegt. — In Betreff der Endstücke der Curven 1 und 2 s. noch S. 474.

aller Stellen des Nerven in genau gleicher Weise einwirkt, — die andere aber auf die Err. der verschiedenen Stellen des Nerven einmal zu verschiedenen Zeiten und zwar desto später, je weiter die betreffende Stelle vom Querschnitte entfernt ist, einzuwirken beginnt und sodann auch in verschiedener Intensität einwirkt, desto intensiver nämlich, je näher die betreffende Stelle dem Querschnitte gelegen ist. Die Wirkung der ersteren Ursache — was diese sei, lassen wir vorerst dahingestellt — besteht darin, dass das Err. zuerst mit rasch abnehmender Geschwindigkeit zu einem oberen Grenzwerthe ansteigt und dann eine kurze Zeit hindurch mit beschleunigter, später aber mit abnehmender Geschwindigkeit sinkt; die letztere Ursache, der am Nerven angelegte Querschnitt, lässt das Err. sinken. Die algebraische Summe von beiderlei Veränderungen des Err. stellen dann die uns bekannten zeitlichen Veränderungen desselben vor.

Zur Motivirung dieser Auffassung brauche ich nur auf die bereits vorliegenden Thatsachen zu verweisen, welche eine Wirkung des am Nerven angelegten Schnittes darthun. Du Bois-Reymond[1]) hat beim Muskel die am Querschnitte mit der Zeit eintretende und von hier aus weiter über den Muskel sich verbreitende saure Reaction, noch bevor also der Muskel im Ganzen sauer wird, nachgewiesen, und bei der Uebereinstimmung, welche Funke[2]) in Betreff der Bildung von freier Säure zwischen der Muskel- und der Nerven-Substanz aufgedeckt hat, wird sich die fortschreitende Säuerung auch des Nerven vom Querschnitte desselben aus nicht bezweifeln lassen. Ferner haben Pflüger, Harless[3]), Heidenhain und Rosenthal die Lage des Querschnittes am Nerven von Einfluss auf

1) De fibrae muscularis reactione etc. 1859, p. 14. — Monatsberichte der Berliner Academie, 1859, S. 297.

2) Ueber die Reaction der Nervensubstanz. Dieses Archiv 1859, S. 835 ff.

3) Moleculäre Vorgänge in der Nervensubstanz. 2. Abhandlung, S. 69 des Separatdr. — Abhandlungen der Bayer. Academie der Wissenschaften, phys.-mathematische Klasse, Band VIII, 2. Abtheil., S. 599. — Die anderen Citate s. o. S. 431.

das Verhalten der Erregbarkeit einer betrachteten Nervenstelle gefunden. Und wenn hiernach das Vorhandensein einer Wirkung des Schnittes auch in unserem Falle kaum noch als hypothetisch gelten kann, so wird sich auch unserer Vorstellung von der Art dieser Wirkung die Berechtigung gewiss nicht absprechen lassen.

Der einfachste Weg, unsere Auffassung thatsächlich zu erhärten, würde der sein, dass wir den Querschnitt ganz eliminiren. Diesen Weg betreten wir hier jedoch nicht, sondern wir schlagen den zweiten möglichen Weg ein und prüfen, ob und welche Veränderungen des Err. durch einen unterhalb des (ursprünglichen) Querschnittes am Nerven angelegten Schnitt hervorgerufen werden.

Wir wollen also aus den Veränderungen, welche das Err. einer betrachteten Nervenstelle erfährt, nachdem ein Schnitt oberhalb derselben am Nerven angelegt worden ist, auf die Veränderungen dieses Err. durch den Schnitt schliessen. Da jene der Beobachtung zugänglichen Veränderungen des Err. die algebraische Summe von dreierlei Veränderungen sind: den mit der Zeit vor sich gehenden, den durch die Erregungen und den durch den Schnitt herbeigeführten, so ist für unseren Schluss die Kenntniss der beiden ersten dieser drei Veränderungen erforderlich. Hieraus ergiebt sich sogleich, dass wir unsere Versuche weder während des Ansteigens noch während des beschleunigten Sinkens des Err. werden anstellen dürfen, da die Dauer dieser Stadien und die Grösse der Zunahme und der beschleunigten Abnahme des Err. aus uns noch nicht bekannten Gründen in den verschiedenen Versuchen bedeutenden Schwankungen unterworfen sind. Dagegen werden wir während des verzögerten Sinkens auf Grund einiger der Durchschneidung des Nerven voraufgeschickten Prüfungen des Err. der betrachteten Stelle genügend genau bestimmen können, welche Veränderungen dieses Err. mit der Zeit ohne die Dazwischenkunft des neuen Schnittes erfahren haben würde. Weiter werden wir nur leistungsfähige Präparate zu den Versuchen verwenden, so dass die zeitlichen Veränderungen des Err. mit nur geringer Geschwindigkeit dann vor sich gehen,

um die Veränderungen des Err. durch den Schnitt, auch wenn sie nicht bedeutend sind, auffinden zu können. Endlich werden wir die Prüfungen so vornehmen, dass nur möglichst geringe Veränderungen des Err. durch sie herbeigeführt werden, und von der Art und Grösse dieser Veränderungen werden wir dann von unseren früheren Versuchen her immer eine ohngefähre Kenntniss besitzen.

Wir verfahren nun stets so, dass wir von einem kräftigen, eben getödteten Frosche ein Nervmuskelpräparat herrichten und dieses, um es nicht unnütz zu ermüden, im feuchten Raume ruhig hängen lassen, bis 40—60 Min. nach der Trennung des Nerven verflossen sind. Dann prüfen wir das Err. einer Stelle des Nerven während 10—30 Min. genau in der Weise, wie wir es für die Zeit nach der Durchschneidung des Nerven vorhaben. Wenn in der Zeit der Vorprüfung das Err. nur gesunken und nur sehr wenig gesunken ist, so dass wir es also mit einem leistungsfähigen Präparate zu thun haben, durchschneiden wir den Nerven kurz vor der nächsten Prüfung oberhalb der oberen Elektrode und fahren mit unseren Prüfungen fort.

Fassen wir zunächst nur die Zeit der ersten, etwa zehn Prüfungen nach der Durchschneidung in's Auge. Nie beobachtet man hier ein Ansteigen des Err., gleichviel ob die geprüfte Stelle dem (ursprünglichen) Querschnitte nahe oder weit von ihm entfernt angenommen worden ist, gleichviel, ob der Schnitt dicht oberhalb der oberen Elektrode oder weiter von ihr entfernt angelegt ist, gleichviel endlich, ob die Prüfungen rasch auf einander folgten oder weiter auseinander lagen (2—5 Min. in meinen Versuchen). Immer sinkt das Err. während der in Rede stehenden Zeit, meist mit ohngefähr derselben Geschwindigkeit, manchmal aber deutlich mit grösserer Geschwindigkeit als während der Zeit der Vorprüfung.

Die Vermuthung, dass ein durch den Schnitt bedingtes Ansteigen des Err. durch das Sinken desselben mit der Zeit und in Folge der Prüfungen verdeckt worden sei, ist ganz entschieden zurückzuweisen. Meine Versuche über den Einfluss des Schnittes sind an so leistungsfähigen Präparaten angestellt, dass

während der Zeit der Vorprüfung, welche ich im Allgemeinen innerhalb der angegebenen Grenzen desto kürzer nahm, je kürzer die Pausen zwischen den Prüfungen waren, das Err. immer nur sehr unbedeutend an Grösse abnahm. Hier, wo also auch nach der Durchschneidung des Nerven das Err. nur sehr langsam mit der Zeit sank, und wo bei der geringen Zahl der der Durchschneidung voraufgeschickten Prüfungen die Ermüdung des Präparates gewiss noch von keinem in Betracht kommenden Einflusse auf das Err. war, hätte selbst ein nur sehr geringes Ansteigen des Err. hervortreten müssen.

Ich habe aber im Gegentheil, wie bereits erwähnt ist, manchmal schon während der Zeit der ersten Prüfungen nach der Durchschneidung des Nerven ein beschleunigtes Sinken des Err. beobachtet und zwar in einer Anzahl von Versuchen, in welchen der Schnitt dicht oberhalb der oberen Elektrode angelegt war. In anderen solchen Versuchen und auch in Versuchen, in welchen der Schnitt weiter von der oberen Elektrode entfernt war, trat eine Beschleunigung im Sinken des Err. erst später, nachdem bereits öfter geprüft worden war, hervor.

Da in vielen der letzteren Versuche die Beschleunigung als eine Folge der durch die Prüfungen hervorgerufenen Ermüdung des Präparates sich hätte ansehen lassen (vgl. o. S. 439), so wurden bei den weiteren Versuchen, um für eine längere Zeit nach der Durchschneidung des Nerven den Einfluss der Prüfungen zu eliminiren, diese nur alle 10 oder 15 Min. vorgenommen. Nach dreimaliger Prüfung wurde der Nerv 1—5 Mm. oberhalb der Versuchs-Stelle, welche aus einem später anzuführenden Grunde hier immer in der Nähe des Muskels sich befand, durchschnitten. Die Zeichnungen am Pflüger'schen Myographion lehrten dann unmittelbar die Veränderungen, welche die Curve des Err., bezogen auf die Zeit, durch den Schnitt erfuhr: die Anfangs gegen die Abscissenaxe convexe Curve wandte schon bei den ersten Prüfungen nach der Durchschneidung ihre Concavität der Abscissenaxe zu und fiel schliesslich sehr steil gegen diese ab. Da in den meisten Versuchen schon bei der 8.—12. Prüfung nach der Durchschneidung die Nervenstelle unerregbar gefunden wurde, musste jeder

Verdacht auf eine irgend beträchtliche Beeinflussung der Versuchsergebnisse durch die Prüfungen in sich zusammenfallen.

Wurde bei solchen Versuchen mit seltenen Prüfungen der Schnitt in der Entfernung von 10 und mehr Mm. von der oberen Elektrode angelegt, so trat, so lange das Err. sicher verfolgt werden konnte, bis es also auf 4 Mm. gesunken war, nie eine deutliche Beschleunigung im Sinken desselben auf. Dies im Verein damit, dass bei den Versuchen der ersteren Art, wie erwähnt, ein beschleunigtes Sinken schon während der Zeit der ersten Prüfungen nur dann, wenn der Schnitt dicht an der oberen Elektrode sich befand, manchmal zur Beobachtung kam, ist Alles, was ich über die Abhängigkeit der Wirkung des Schnittes von der Entfernung beibringen kann. Es hätten sich hier genauere Aufschlüsse durch die Prüfung zweier Stellen desselben Nerven gewinnen lassen, allein bei dem grossen Zeitaufwande, welchen alle diese Versuche erfordern, wird man es mir gewiss nicht verdenken, wenn ich hier nicht weiter, als eben nothwendig war, gegangen bin. Durch den zweifellosen Nachweis, dass in Folge des Schnittes das Err. sinkt und dass diese Wirkung des Schnittes in der Nähe desselben bedeutend, in einiger Entfernung aber nur gering oder auch gar nicht vorhanden ist, ist die thatsächliche Begründung unserer obigen Auffassung geliefert.

Wie die vorhin mitgetheilten Versuchsergebnisse lehren, sinkt das Err. in Folge des Schnittes mit zunehmender Geschwindigkeit, und zwar steigt die Curve der negativen Zuwächse des Err. in Bezug auf die Zeit nach der Durchschneidung zuerst sehr flach und dann plötzlich sehr steil an. Es hat sich dies auch bei unseren Versuchen über das Verhalten der Err. verschiedener Stellen des Nerven herausgestellt, und nur aus Zweckmässigkeits-Gründen sind wir oben nicht weiter darauf eingegangen. Es sinken die Err. der Stellen O im Vers. XVII von der 134., im Vers. XVIII von der 29. Min. an mit beschleunigter Geschwindigkeit, ohne dass, wie ein Blick auf die Versuche lehrt, an einen Einfluss der Prüfungen hier zu denken ist. Und ich habe eben in allen Versuchen, in welchen die Stelle O 4 oder 5 Mm. von der Wirbelsäule entfernt

war, das Err. dieser Stelle schliesslich mit beschleunigter Geschwindigkeit sinken sehen, nur scheint mir, nach einem allgemeinen Ueberblicke über die schwer zu vergleichenden Versuche, das beschleunigte Sinken meist später als in unserem Vers. XVIII begonnen zu haben. Dagegen habe ich in den Versuchen, in welchen die Stelle O 10 oder mehr Mm. von der Wirbelsäule entfernt war, nie, ausser wo zweifellos sehr zahlreiche Prüfungen die Veranlassung waren, das Sinken des Err. dieser Stelle ein beschleunigtes werden sehen[1]). Hiermit ist sogleich auch der Grund gegeben, weshalb wir bei unserer letzten Versuchsreihe immer eine dem Muskel nahe gelegene Stelle des Nerven geprüft haben.

So hat sich denn unsere Auffassung, dass die zeitlichen Veränderungen des Err. an dem vom Organismus getrennten Nerven in der oben (S. 469) angegebenen Weise die Folge von zweierlei Ursachen sind, als berechtigt herausgestellt. Die Wirkung der einen Ursache, des Querschnittes, können wir jetzt genauer, als es oben geschehen ist, bestimmen:

> Sie tritt an den verschiedenen Stellen des Nerven zu verschiedenen Zeiten und zwar desto früher ein, je näher die betreffende Stelle dem Querschnitte gelegen ist, und lässt das Err. mit zunehmender Geschwindigkeit sinken, so zwar, dass die Zunahme der Geschwindigkeit wiederum desto rascher erfolgt, je näher die Stelle dem

---

1) Natürlich bleibt die Möglichkeit bestehen, dass hier in manchen Fällen das Err., nachdem es unter die Grösse gesunken war, bis zu welcher wir es mit Sicherheit haben verfolgen können, doch noch mit beschleunigter Geschwindigkeit zu sinken angefangen hat. — Es würde die Darlegung unnütz sehr verwickelt haben, wenn ich das jetzt als so einfach in seinen Gründen und gewissermaassen nothwendig erkannte schliessliche Verhalten des Err. an den dem Querschnitte sehr nahe gelegenen Stellen, das mir schon bei den Versuchen an Einer Nervenstelle entgegengetreten war, früher erwähnt hätte. Es wird aber nunmehr der S. 467. 68 gegebenen Zusammenfassung unserer Erfahrungen noch hinzuzufügen sein, dass an den dem Querschnitte sehr nahe gelegenen Stellen des Nerven das Err. schliesslich wiederum mit beschleunigter Geschwindigkeit abnimmt. Wir sparen diese Ergänzung für eine spätere Gelegenheit auf

Querschnitte sich befindet. Im Ganzen ist die Wirkung des Querschnittes von desto grösserer Intensität, je geringer die Leistungsfähigkeit des Präparates ist[1]).

Es ist nunmehr an der Zeit, dass wir eine kleine Anzahl von Versuchen berücksichtigen, welche, obwohl zu der Untersuchung über das Verhalten der Err. verschiedener Stellen desselben Nerven gehörig, bisher ganz ausser Acht gelassen worden sind. Es stellen die Ergebnisse dieser Versuche gewisser Maassen Ausnahmen von dem gesetzmässigen Verhalten vor, welches wir oben aufgefunden haben.

Vers. XIX.

Länge des Nerven: 73 Mm. Entf. der St. O v. d. Wirbels.: 17 Mm. Aufst. Schliess.

Lauf. Zeit	Err. O.	Lauf. Zeit	Err. M.	Lauf. Zeit	Err. U.
7	9,0	—	—	9	9,5
11	9,3	—	—	13	10,0
15	9,6	—	—	17	10,1
19	9,5	—	—	21	10,0
23	7,9	—	—	25	9,8
27	5,9	—	—	29	9,4
31	unter 4 Mm.	—	—	33	9,2
				38	9,2
		42	9,3	44	9,3
		46	9,2	48	9,2

Vers. XX.

Länge des Nerven: 78 Mm. Entf. der St. O von der Wirbels.: 22 Mm. Aufst. Schliess.

	O		M		U
15	16,0	17	14,3	19	14,3
26	16,5	28	14,6	30	14,5
38	16,0	40	14,1	42	13,7
49	15,2	51	13,2	53	13,2
61	15,0	63	12,9	65	12,9
77	14,7	75	12,5	73	12,5
85	13,3	87	12,0	89	12,0
96	11,5	98	11,5	100	11,5
107	11,1	109	11,2	111	11,2
119	10,8	121	10,7	123	10,7

Bei den folgenden Prüfungen Tetanus.

---

1) Das Sinken des Err. einer betrachteten Stelle in Folge des Querschnittes beginnt also desto früher und erfolgt desto rascher, je weniger leistungsfähig das Präparat ist (s. o. S. 465).

Vers. XXI.

Länge des Nerven: 76 Mm. Entf. der St. O von der Wirbels.: 18 Mm.
Aufst. Schliess.

Lauf. Zeit	Err. O	Lauf. Zeit	Err. M	Lauf Zeit	Err. U
7	8,2	9	6,8	11	9,0
20	9,7	22	6,9	24	10,2
31	8,2	33	6,8	35	8,0
42	7,8	44	6,4	46	7,5
54	6,8	56	5,6	58	6,5
66	5,8	68	unter 5 Mm.	70	5,6
82	unter 5 Mm.			78	unter 5 Mm.

Vers. XXII.

Länge des Nerven: 73 Mm. Entf. der St. O von der Wirbels.: 21 Mm.
Aufst. Schliess.

	O		M		U
5	8,2	9	7,9	11	5,5
18	8,2	20	6,8	22	5,7
29	8,8	31	6.6	33	6,0
41	8,6	43	6,5	45	5,8
59	8,2	61	6,5	63	5,7
80	8,1	78	6,8	76	5,8
154	7,5	156	5,8	158	5,6
243	unter 3 Mm.	245	Tetanus.	247	3,3
		257	unter 3 Mm.	259	unter 3 Mm.

Im Vers. XIX erfährt das Err. der Stelle O, obwohl diese sehr weit vom Querschnitte entfernt ist, genau solche Veränderungen, wie sie uns nur bei grosser Nähe der Stelle O am Querschnitte bekannt geworden sind. Ich habe dies ausserdem nur noch in einem einzigen Versuche beobachtet, in welchem auch der Abstand der Stelle O vom Querschnitte ohngefähr eben so gross wie im Vers. XIX war. Jede Anomalität in diesen Versuchen würde fortfallen, wenn wir annehmen, dass hier aus irgend einem Grunde die Wirkung des Querschnittes von ausnehmender Intensität gewesen sei. Es lässt sich auch gegen die Berechtigung dieser Annahme an und für sich durchaus Nichts einwenden, da ja die Intensität der Wirkung des Querschnittes, wie wir sie von der Leistungsfähigkeit des Präparates abhängig gefunden haben, sehr wohl noch von anderen Bedingungen abhängig sein kann. Allein selbst wenn ich gar

nicht in Anschlag bringe, dass ich, als ich sogleich nach der Beendigung des Vers. XIX bei dem zweiten Nervmuskelpräparate desselben Frosches möglichst genau dieselben Stellen des Nerven der Prüfung unterwarf, hier das normale Verhalten der Err. beobachtet habe, hindert mich doch die so grosse Entfernung der Stelle O vom Querschnitte bei den in Rede stehenden Versuchen, die Sache einfach durch jene Annahme für erledigt zu halten. Wir kommen später noch einmal auf diese Versuche zurück, wo wir sie auf Grund weiterer Erfahrungen von einem neuen Gesichtspunkte aus werden beurtheilen können.

Für die anderen hierhergehörigen Versuche lässt sich, so verschieden sie auch im Uebrigen sind, die gemeinsame Abweichung von dem normalen Verhalten der Err., welche sich in ihnen herausgestellt hat, dahin angeben, dass das Err. einer dem Querschnitte näher gelegenen Stelle des Nerven während einer längeren oder kürzeren Zeit des Versuches immer grösser gewesen ist als das gleichzeitige Err. einer von dem Querschnitte weiter entfernten Stelle. Es sind mir etwa zwanzig solche Versuche vorgekommen, und ich habe aus der Zahl derjenigen, welche genauer verfolgt worden sind, die Vers. XX, XXI und XXII so ausgewählt, dass auch die wesentlichsten feineren Verschiedenheiten der Versuchsergebnisse durch sie dargelegt werden.

In allen Versuchen sind drei Stellen des Nerven geprüft worden, und das Err. jeder einzelnen Stelle verlief, für sich betrachtet, ganz normal oder zeigte wenigstens nur die Abweichung vom normalen Verlaufe, dass es von einer gewissen Zeit an, statt ferner mit abnehmender Geschwindigkeit zu sinken, für die ganze Folgezeit oder auch (sehr selten) nur für eine kurze Zwischenzeit mit beschleunigter Geschwindigkeit abfiel. In den verschiedenen Versuchen war aber während einer verschieden langen Zeit entweder das Err. der Stelle O immer grösser als die gleichzeitigen und gleich grossen Err. der Stellen M und U, oder es war das Err. der Stelle O immer grösser als das gleichzeitige der Stelle M und dieses wieder grösser als das gleichzeitige der Stelle U, oder endlich es wa-

ren die Err. der Stellen O und U einander gleich, aber grösser als das gleichzeitige der Stelle M. Und dieses paradoxe[1]) Verhalten der gleichzeitigen Err. machte in der Regel erst sehr spät, wenn die Err. bereits niedere Werthe erlangt hatten, nur in zwei Versuchen schon etwas früher (vgl. Vers. XX), durch das beschleunigte Sinken desjenigen Err., dessen Curve bis dahin die durchweg grössten Ordinaten zugekommen waren, dem normalen Verhalten Platz, welches dann für die übrige Zeit bestehen blieb. Die Differenz der gleichzeitigen Err. während des paradoxen Verhaltens derselben war im Allgemeinen in den verschiedenen Versuchen von verschiedener Grösse.

Selbstverständlich können uns an der Gesetzmässigkeit im Verhalten der Err., welche wir in mehreren Hunderten von Versuchen beobachtet haben, die zwanzig Ausnahmefälle nicht irre werden lassen: es liegt uns aber ob, die besonderen Bedingungen zu ermitteln, welche die abweichenden Ergebnisse in diesen Versuchen veranlasst haben. Die äusseren Versuchsbedingungen waren, so weit sich absehen liess, nicht verändert, und es hatten auch Versuche, welche kurz vor und sogleich nach einem Ausnahme-Versuche, im letzteren Falle sogar oft an dem zweiten Präparate desselben Frosches, angestellt worden waren, die normalen Ergebnisse geliefert. An eine Wirkung des am Nerven angelegten Querschnittes durfte ich schon zur Zeit, als ich diese noch nicht unmittelbar durch Versuche festgestellt hatte, wegen der Mannigfaltigkeit der Form der Ausnahmeversuche, besonders aber in Rücksicht auf Vers. XXI und ähnliche nicht denken: jetzt, wo wir die Art der Einwirkung des Querschnittes kennen und nur ihre Intensität für einen gegebenen Fall zweifelhaft sein kann, ist dieser Muthmassung gewiss jede Basis entzogen. Es bleibt somit Nichts übrig, als

1) Diese Bezeichnung findet ihre Rechtfertigung besonders durch den Widerspruch, in welchem die im Texte niedergelegten Erfahrungen mit den gangbaren Vorstellungen über die Leitung der Erregung stehen. Wir können auf diesen höchst wichtigen Punkt erst in der folgenden Abhandlung zu sprechen kommen.

dass wir den Grund für das paradoxe Verhalten der Err. in Eigenthümlichkeiten der (anatomisch bestimmten) Nervenstellen suchen, welche gerade in jenen Versuchen geprüft worden sind. Es müssen im Verlaufe des Nerven einige Stellen existiren, die in ihren hier in Betracht kommenden Eigenschaften von allen übrigen Stellen des Nerven abweichen.[1])

Das paradoxe Verhalten der Err. ist mir nur unter den Versuchen hin und wieder vorgekommen, in welchen bei langen Nerven die Stelle O sehr weit vom Querschnitte entfernt angenommen war, nie aber bei Versuchen aufgetreten, in welchen, gleichviel ob bei langen oder bei kurzen Nerven, die Stelle O in grösserer Nähe des Querschnittes gelegen war. In der Mehrzahl der Ausnahme-Versuche habe ich genauer auf die den Elektrodenpaaren aufliegenden Stellen des Nerven geachtet, und ich habe übereinstimmend in allen diesen Versuchen die Stelle O dem unteren Endstücke des Plexus angehören und die Stelle M in der Gegend des Ischiadicus sich befinden sehen, in welcher die Aeste an die Oberschenkelmuskeln abgehen; es ist mir aber nicht gelungen, auch für die Bestimmung der Stelle U einen anatomischen Anhaltspunkt zu gewinnen. Nehmen wir nun an, dass in unseren Ausnahme-Versuchen die Stelle O immer die normalen Eigenschaften gehabt hat, so würde aus unseren Versuchen auf die Existenz nur zweier und zwar räumlich beschränkter ausgezeichneter Stellen am Nerven zu schliessen sein, von denen die eine in der Gegend des Abganges der Oberschenkeläste sich befinden und die andere so viel näher dem Muskel gelegen sein müsste, dass sie bei einer gewissen grossen Länge des Nerven gerade 20 Mm. von der ersteren Stelle entfernt wäre.

---

1) Ich will hier an frühere, aber bisher nicht weiter verfolgte Beobachtungen ausgezeichneter Stellen am Nerven nur erinnern: Budge's „Knotenpunkte", Pflüger's „Knickung der Erregbarkeitscurve des Nerven gegen die Abscisse", die von du Bois-Reymond und Pflüger bei den Untersuchungen über den Elektrotonus beobachteten „Anwandlungen". Wir werden unten nach dem Abschlusse unserer betreffenden Untersuchung genauer auf diese Beobachtungen eingehen.

Wie ungenügend diese Bestimmungen der Lage der ausgezeichneten Stellen bei der geringen Länge derselben sind, davon hatte ich im Verlaufe der Untersuchung mehrmals mich zu überzeugen Gelegenheit, da ich bei Versuchen, in welchen scheinbar dieselben Stellen des Nerven, wie in den Ausnahme-Versuchen, den Elektrodenpaaren auflagen, doch das normale Verhalten der Err. beobachtete. Und ebenso waren alle meine Bemühungen erfolglos, als ich später, um eine grössere Anzahl von Ausnahme-Versuchen mir zu verschaffen, öfters dem Nerven mit Absicht die Lage gab, welche ich bei den Ausnahme-Versuchen beobachtet hatte.

Die geringe Zahl der durch den Zufall uns gebotenen Ausnahme-Versuche, auf welche allein wir somit angewiesen sind, lässt genaue Ermittelungen über das Wesen und das Verhalten der ausgezeichneten Stellen des Nerven nicht zu. Wir haben ja sogar die Entscheidung, welche der Stellen O, M und U in den Ausnahme-Versuchen die ausgezeichneten Stellen des Nerven gewesen sind, vorhin nur auf Grund einer Annahme treffen können, — einer Annahme, die durch die Vergleichung der Versuchsergebnisse wahrscheinlich, keineswegs aber sicher begründet wird. Und so dürfen wir denn die weitläufige genauere Analyse der Versuchsergebnisse hier unterlassen, zumal da uns später ein anderer, mehr unmittelbarer Weg zu besseren Erfolgen führen wird.

Nur was die Zeit des Eintritts des paradoxen Verhaltens der Err. betrifft, sei noch bemerkt, dass diese immer mit der Zeit, wann die gleichzeitigen Err. von ungleicher Grösse wurden, zusammenfiel. Die Ausnahme-Versuche liessen sich in dieser Beziehung ebenso beurtheilen und führten auch zu eben solchen Ergebnissen, wie die Vers. XV—XVIII. In einem Theile der Ausnahme-Versuche ist die Verschiedenheit der gleichzeitigen Err. während des beschleunigten Sinkens, in einem anderen Theile schon gegen Ende des Ansteigens eingetreten; in einem dritten Theile der Versuche endlich musste nur die Möglichkeit offen gehalten werden, dass die gleichzeitigen Err. in der Zeit vor dem Beginne der Prüfungen von

gleicher Grösse gewesen waren[1]). Es ist aber bereits oben (S. 467) das Ergebniss einer folgenden Untersuchung angemerkt worden, welches auch in diesem wichtigen Punkte sicheren Aufschluss verschafft: unmittelbar nach der Trennung des Nerven vom lebenden Organismus sind die gleichzeitigen Err. aller Stellen des Nerven von gleicher Grösse.

Bei den Versuchen, von welchen im Vorstehenden gehandelt worden ist, kommt häufig ein Tetanus zur Beobachtung, auf dessen Besprechung schon mehrmals verwiesen worden ist. Ich will, um wiederholte Unterbrechungen zu vermeiden, sogleich specieller auf ihn eingehen, als bei dem gegenwärtigen Stande unserer Untersuchungen durchaus nothwendig wäre, und meine auf diesen Tetanus sich beziehenden Erfahrungen im Zusammenhange mittheilen.

Bei der Verfolgung des Err. einer einzelnen Nervenstelle wurden in sehr vielen Versuchen, nachdem das Err. bereits eine längere Zeit hindurch, oft sogar schon sehr lange mit abnehmender Geschwindigkeit gesunken war, durch die Prüfungen nicht mehr einfache Zuckungen erhalten, sondern es trat dann in Folge jedes einzelnen Inductionsschlages durch die jedesmalige Superposition mehrerer Zuckungen in der ersten Zeit eine tetanische Contraction, später sogar Tetanus ein. Nach einiger Zeit verschwand diese Anomalie, und in der ganzen späteren Zeit des Versuches hatten die einzelnen Inductionsstösse immer wiederum nur einfache Zuckungen zur Folge. Während der Zeit der tetanischen Contractionen, bei welchen die zweite Zuckungscurve sich erst auf den absteigenden Ast der ersten

---

1) Zu dieser letzten Kategorie der Ausnahme-Versuche gehören die Vers. XX, XXI und XXII. Für die beiden letzten Versuche ist auf das oben S. 453 Bemerkte zu verweisen und die Angabe hinzuzufügen, dass der Muskel

	im Vers. XXI	im Vers. XXII
in der Zwischenzeit der 1. u. 2. Prüfung um	0,7 Mm.	1,0 Mm.
„ „ „ 2. u. 3. „ „	0,3 „	0,5 „
„ „ „ 3. u. 4. „ „	—	0,3 „

sich verlängert hatte.

Curve aufsetzte[1]), liess sich das normale Sinken des Err. (d. h. natürlich der Maximalordinate der ersten Zuckungscurve), wie es nach den voraufgegangenen Prüfungen zu erwarten war, beobachten; auch führten die Prüfungen vor dem Eintritte der tetanischen Contractionen und nach dem Verschwinden des Tetanus immer zu der uns wohlbekannten Curve des Err., bezogen auf die Zeit. Die absolute Grösse des Err. vor dem Auftreten und nach dem Verschwinden des Tetanus war in den verschiedenen Versuchen verschieden, so dass auch für die verschiedenen Versuche verschiedene Stücke der Curve des Err. ausfielen[2]). Alles dies führt zu dem Schlusse, dass während

---

1) Mit der Zeit rückte der Beginn der zweiten Zuckung dem Zeitpunkte des Maximum der ersten Zuckung immer näher, bis es dann schliesslich, indem die zweite Zuckungscurve sich schon auf den aufsteigenden Ast der ersten Curve aufsetzte, zum Tetanus kam. Es waren aber die tetanischen Contractionen oft und der Tetanus sogar meist aus mehr als zwei Einzelzuckungen zusammengesetzt. — Ich führe dies nur an, um ersichtlich zu machen, wie ich „Tetanus“ und „tetanische Contraction“ hier unterscheide und verstanden wissen will. Im Uebrigen aber mag ich, da ich mir bisher nur eine bruchstückweise Kenntniss der mannigfachen Formen der anomalen Zuckungen und ihrer Aufeinanderfolge habe erwerben können, diese Bruchstücke hier nicht weiter mittheilen. Das genaue Studium dieser Erscheinungen, zu welchem ich selbst vor der Hand nicht Zeit habe, wird gewiss zu interessanten Ergebnissen führen. Den Versuchen müsste dann aber eine für dieses Studium günstigere Form gegeben werden, als sie meine Versuche über das Err. hatten: auf Grund der sogleich mitzutheilenden Erfahrungen über die Ursache der tetanischen Contractionen und des Tetanus wird sich die geeignetste Form leicht auffinden lassen.

2) Die Untersuchung über die zeitlichen Veränderungen des Err. wird nach dem Gesagten durch die anomalen Zuckungen, wenn man diese hier nur ganz ausser Acht lässt, gar nicht gestört: die Versuche ergänzen sich in Betreff des in dem einzelnen Versuche ausgefallenen Stückes der Curve gegenseitig. — Bei den Versuchen am Pflüger'schen Myographion reicht eine mässige Aufmerksamkeit aus, um die tetanische Contraction bald zu erkennen; man hält dann für die nächste Zeit, während man mit den Erregungen in der beabsichtigten Weise fortfährt, den Zeichenstift von der Glastafel entfernt, bis wieder einfache Zuckungen eingetreten sind. Immerhin aber ist es vortheilhaft, die Versuche über das Err., so weit nur thunlich, am Helm-

der Zeit der anomalen Zuckungen das Err. ganz normal gesunken ist, einem Schlusse, der nur scheinbar unserer Definition des Err. widerspricht, da ja der Tetanus Nichts Anderes als die Superposition mehrerer Zuckungen ist und das Anomale der uns beschäftigenden Erscheinung somit nur darin zu suchen ist, dass durch den einzelnen Inductionsschlag mehrere Zuckungen hervorgerufen wurden.

Ein Unterschied in dem Verhalten der anomalen Zuckungen, je nachdem die Richtung der Inductionsströme im Nerven die aufsteigende oder absteigende war, ist mir nicht aufgefallen. Ebenso sind diese Zuckungen in gleicher Weise in den Versuchen mit häufigen, wie in den mit seltenen Prüfungen vorgekommen, nur blieben sie in den letzteren Ve suchen in der Regel eine längere Zeit bestehen als in den ersteren Versuchen. In manchen Versuchen wurde die tetanische Contraction oder der Tetanus zum ersten Male erhalten, nachdem 1—2 Stunden vorher gar nicht geprüft worden war; in anderen Versuchen, welche sogleich nach dem ersten Auftreten der tetanischen Contraction oder des Tetanus abgebrochen worden waren, rief bei der Wiederaufnahme der Prüfungen nach 1—1½ Stnnden sogleich der erste Inductionsschlag Tetanus hervor.

Ganz die nämlichen Erfahrungen wurden bei sehr vielen der Versuche gemacht, in welchen die Err. mehrerer Stellen desselben Nerven geprüft wurden. Waren die gleichzeitigen Err. der verschiedenen Stellen zu der betreffenden Zeit noch von gleicher Grösse, so traten auch bei allen Stellen gleichzeitig die tetanischen Contractionen auf; waren die gleichzeitigen Err. aber bereits von verschiedener Grösse, so zeigte sich die tetanische Contraction zuerst bei der Erregung der dem Querschnitte nahe gelegenen Stelle und trat erst später an der vom Querschnitte weiter entfernten Stelle ein, öfters sogar an

---

holtz'schen Myographion anzustellen. Nur für die Versuche mit sehr häufigen Prüfungen muss das Pflüger'sche Myographion benutzt werden, es lassen sich dann aber immer noch die Ergebnisse dieser Versuche durch die ähnlicher Versuche am Helmholtz'schen Myographion controlliren.

dieser letzteren Stelle erst dann, wenn die Zeit des Tetanus für die erstere Stelle bereits abgelaufen war.

Wurde eine Nervenstelle, bei deren Prüfung tetanische Contraction oder Tetanus eben aufgetreten war, in ganz kurzen Zeitabständen oft hinter einander so lange erregt, bis der Tetanus verschwunden war und wieder einfache Zuckungen erfolgten, so riefen dann nach einer längeren Pause die Inductionsschläge wieder Tetanus hervor. Und dieser Versuch gelang, wenn bei einem Präparate von grösserer Leistungsfähigkeit die tetanischen Contractionen schon bei einem grösseren absoluten Werthe des Err. eingetreten waren, mehrmals bei derselben Nervenstelle: durch die Ermüdung der Nervenstelle verschwanden die anomalen Zuckungen, durch ihre Erholung kehrten sie wieder zurück, nur wurde die Zeit, während welcher nach der langen Pause der einzelne Inductionsschlag noch Tetanus hervorrief, immer kürzer, und endlich erfolgte auch sogleich nach der Erholungszeit nur eine einfache Zuckung.

Nach den vorstehenden Erfahrungen konnte der Grund, weshalb durch den einzelnen Inductionsstoss, der in der Regel nur eine einfache Zuckung veranlasst hatte, in sehr vielen Versuchen zu einer gewissen Zeit eine tetanische Contraction oder Tetanus hervorgerufen worden war, nur in den Verhältnissen der einzelnen Prüfung, bei welcher eben die anomale Zuckung aufgetreten war, diese Prüfung ganz für sich allein betrachtet, gelegen sein. Es wurde so die Vermuthung nahe gelegt, dass es ein allgemeines Gesetz sein möchte, dass dem Inductionsstrome, wenn seine Intensität in einer bestimmten Beziehung zu der Grösse des Err. der betrachteten Nervenstelle steht, eine tetanisirende Wirkung zukommt.

Wie man sofort übersieht, haben unsere Versuche über die zeitlichen Veränderungen des Err. durch die vorstehenden Erfahrungen die Beweise für jenes Gesetz nach einer Seite hin geliefert. Die Intensität des erregenden Inductionsstromes war in den Versuchen constant geblieben, das Err. der der Prüfung unterzogenen Nervenstelle hatte sich verändert: und bei einem gewissen Werthe des Err. war tetanische Contraction,

bei einem etwas geringeren Werthe desselben Tetanus oberhalb und unterhalb dieser Werthe aber immer einfache Zuckung eingetreten. Wenn in einem Theile unserer Versuche die anomalen Zuckungen nicht zur Beobachtung gekommen sind, so ist dies einfach dadurch zu erklären, dass entweder diese Versuche nicht bis zu der Zeit ausgedehnt worden waren, wo das Err. den erforderlichen Werth erlangt hatte, oder dass gerade zu dieser Zeit Prüfungen der Nervenstelle nicht vorgenommen worden waren.

Nach der anderen Seite hin beweisen das Gesetz folgende Versuche, welche bei constantem[1]) Err. die Abhängigkeit der tetanisirenden Wirkung des Inductionsstromes von einer bestimmten Intensität dieses Stromes darthun.

War in einem Versuche bei der Erregung einer Nervenstelle tetanische Contraction oder Tetanus eingetreten, so reichte es aus, die secundäre Rolle des Magnetelektromotors der primären ein wenig zu nähern oder etwas von ihr zu entfernen, um bei den folgenden Prüfungen einfache Zuckungen zu erhalten: Zurückführen der secundären Rolle auf ihre alte Stellung brachte den Tetanus dann wieder zum Vorschein. Der Versuch liess sich mehrmals an derselben Nervenstelle wiederholen.

War an der der Prüfung unterzogenen Nervenstelle der Tetanus mit der Zeit verschwunden, so konnte er durch Annäherung der secundären Rolle an die primäre wieder hervorgerufen werden, und es liess sich auf diese Weise durch die allmäliche Verschiebung der secundären Rolle die tetanisirende Wirkung des Inductionsstromes bei einer und derselben Nervenstelle sehr lange erhalten.

Endlich konnte in den Versuchen, in welchen mehrere Stellen desselben Nerven geprüft wurden, wenn hier zu einer

---

1) Die während der nur kurzen Zeit des einzelnen Versuches erfolgenden Veränderungen des Err. sind so gering, dass sie sich ganz vernachlässigen lassen, wie auch die Controlle in jedem Versuche, die schliessliche Erregung durch den Inductionsstrom von der ursprünglichen Intensität, beweist.

Zeit, wo die gleichzeitigen Err. bereits von verschiedener Grösse waren, die tetanische Contraction eben zuerst an der Stelle O, und zwar an dieser allein, eingetreten war, durch das Entfernen der secundären Rolle von der primären sogleich auch an den Stellen M und U tetanische Contraction oder Tetanus hervorgerufen werden; in vielen Fällen war hiermit zugleich der Tetanus an der Stelle O beseitigt. Wurde sodann die secundäre Rolle in ihre alte Stellung zurückgebracht, so hatten die Erregungen wieder die ursprünglichen Erfolge: tetanische Contraction oder Tetanus an der Stelle O, einfache Zuckungen an den Stellen M und U. Für die Wiederholung dieses ganzen Versuches an den nämlichen Nervenstellen war es wegen der mit der Zeit vor sich gehenden Veränderungen der Err. meist nothwendig, sich des durch den vorigen Versuch an die Hand gegebenen Kunstgriffes zu bedienen und die secundäre Rolle von ihrer ursprünglichen Stellung aus der primären so weit zu nähern, bis durch den Inductionsstrom eben wieder allein an der Stelle O tetanische Contraction veranlasst wurde: dann lieferte aber die Wiederholung des Versuches immer dieselben Ergebnisse.

In der folgenden Abhandlung (III) werde ich den Nachweis führen, dass, so weit es bei unseren Erfahrungen über die tetanisirende Wirkung des einzelnen Inductionsstosses in Betracht kommt, das Erregungsmaximum einer Nervenstelle immer das Maass der Erregbarkeit derselben gewesen ist. Und indem ich hiervon sofort Gebrauch mache, stehe ich nicht an, auf die mitgetheilten Erfahrungen gestützt, jetzt Folgendes auszusprechen:

> Bei gegebener Erregbarkeit einer Nervenstelle giebt es immer einen Inductionsstrom von mittlerer Intensität, durch welchen statt einer einfachen Zuckung eine tetanische Contraction oder Tetanus hervorgerufen wird. Die Erregbarkeit der betrachteten Nervenstelle und die Intensität des zur Hervorrufung des Tetanus erforderlichen Inductionsstromes stehen in der Beziehung zu einander, dass mit der Zunahme der ersteren die letztere abnimmt — und umgekehrt.

Jedem Experimentator kommt von Zeit zu Zeit und gewöhnlich bei den allerersten oder wenigstens bei den noch zu den ersten gehörenden Erregungen des Nerven eines frisch hergerichteten Präparates ein scheinbar ganz von Ohngefähr durch einen einzelnen Inductionsstoss herbeigeführter Tetanus vor. Dieser Tetanus hat jetzt seine Räthselhaftigkeit verloren: es hat eben in diesen Fällen der Inductionsstrom gerade die mittlere Intensität gehabt, welche bei der derzeitigen Erregbarkeit der Nervenstelle zur Hervorrufung des Tetanus erforderlich war. Wie sehr hierfür das Auftreten dieses Tetanus meist gerade bei den ersten Erregungen und dann das jedem Experimentator bekannte rasche Verschwinden desselben spricht, leuchtet ohne Weiteres ein, wenn man bedenkt, dass eben in der ersten Zeit nach der Trennung des Präparates sehr rasch grosse Veränderungen der Erregbarkeit des Nerven statthaben. Ich berufe mich ferner auf den oben S. 430 citirten Versuch Wundt's. Es ist uns für den Augenblick gleichgültig, ob in diesem Versuche die Veränderungen der Zuckungshöhe wirklich nur in Veränderungen der Erregbarkeit des Nerven ihren Grund hatten, und wodurch weiter die Veränderungen der Erregbarkeit des Nerven veranlasst worden sind: so viel steht fest, dass bei diesem Versuche die Erregbarkeit der geprüften Nervenstelle zuerst angestiegen und dann gesunken ist. Hier hat nun, wenn die Erregbarkeit der Nervenstelle eine gewisse Grösse erlangt hatte, derselbe Inductionsstrom, der früher und später nur eine einfache Zuckung veranlasste, Tetanus hervorgerufen. Wundt scheint den Tetanus bei seinem Versuche immer nur am Ende der Zunahme der Zuckungshöhe beobachtet zu haben. Leider habe ich, von anderen Fragen gedrängt, noch nicht Zeit gefunden, den Versuch zu wiederholen, allein ich zweifle keinen Augenblick, dass, wenn man nur viele solche Versuche anstellt, immer eine Anzahl von Versuchen sich finden wird, bei welchen auch nach dem Verschwinden des Tetanus noch eine Zunahme der Zuckungshöhe stattgefunden hat. Ich glaube dies mit voller Zuversicht vorhersagen zu können nach Erfahrungen, welche ich bei meinen Versuchen über das Err. gemacht habe. In Versuchen, welche sehr früh nach der

Trennung des Präparates begonnen wurden, ist einige Male bei der ersten Prüfung oder bei den ersten zwei oder drei Prüfungen Tetanus aufgetreten, allein bei den weiteren Prüfungen hat dann derselbe Inductionsstrom, obwohl die Erregbarkeit der geprüften Nervenstelle bedeutend zugenommen hat, immer nur eine einfache Zuckung veranlasst[1]).

Es muss hier zum Schluss einer Bemerkung Pflüger's Erwähnung geschehen, „Leitet man" — sagt Pflüger[2]) — „einen starken Strom, d. h. einen solchen, der sogleich die tieferen Ritter'schen Stufen des Zuckungsgesetzes zeigt, durch einen Theil des Nerven selbst nur einige Secunden, so folgt der Oeffnungszuckung, oft nachdem einige Zeit vollkommene Ruhe geherrscht hat, dann eine Reihe convulsivischer äusserst mächtiger Zuckungen, die selten die Form eines ruhigen stetigen Tetanus annehmen. .... Je öfter man diesen Versuch wiederholt, um so länger dauert es, bis nach der Oeffnung jener Tetanus ausbricht, und um so mehr nimmt er an Stärke ab. Nach 4—8maligem Schliessen erscheint er endlich nach der Oeffnungszuckung gar nicht mehr. Kehrt man nun bei bestehendem, auf solche Weise erzeugtem Oeffnungstetanus den Strom um, so verschwindet der Tetanus ebenso, als ob man den Strom wieder in gleicher Richtung geschlossen hätte, was für den aufsteigenden Strom besonders ganz augenfällig und ausnahmslos ist. Ich habe eine jenem Oeffnungstetanus wohl analoge Erscheinung selbst schon nach starken Inductionsschlägen beobachtet, denen eine Reihe heftiger Zuckungen folgte, ohne dass der Inductionsschlag etwa die getroffene Stelle vernichtet hätte, da sie auch nachher noch sehr reizbar war." Ich

---

1) Weshalb in denjenigen Versuchen Wundt's, in welchen immer das Err. erlangt wurde, nicht am Ende der Zunahme der Zuckungshöhe Tetanus eingetreten ist (s. o. S. 432), liegt jetzt auf der Hand: die Ströme sind bei der hohen Erregbarkeit, welche die Nervenstelle zu der Zeit besass, von zu grosser Intensität gewesen. Hätte Wundt diese Versuche länger ausgedehnt, so würde er, wie wir in unseren Versuchen, den Tetanus haben auftreten sehen, nachdem die Zuckungshöhe eine Zeit lang abgenommen hatte.

2) Physiologie des Elektrotonus. S. 83.

muss es nach diesen wenigen Worten Pflüger's dahingestellt sein lassen, ob Pflüger einen besonderen, von demjenigen, der uns vorgekommen ist und in der Regel zur Beobachtung kommt, ganz abweichenden Tetanus durch Inductionsschläge beobachtet hat. War dies aber nicht der Fall —, und ich für meine Person kann hieran nicht zweifeln — so kann Pflüger die Analogie des Tetanus durch die Inductionsströme mit dem Oeffnungstetanus des starken constanten Stromes nur darin gefunden haben, dass er eben beide Male den Tetanus durch starke Ströme hervorgerufen werden sah. Es ist dann aber diese Analogie jetzt nicht mehr zu halten, nachdem wir gefunden haben, dass die tetanisirende Wirkung gerade dem Inductionsstrome von mittlerer Intensität zukommt und dass bei sehr hoher Erregbarkeit der betrachteten Nervenstelle eine nur geringe absolute Intensität des Inductionsstromes zur Hervorrufung des Tetanus erforderlich ist. Auch glaube ich, dass man nicht ohne Weiteres den Tetanus in Folge des einzelnen Inductionsstromes als in einer Nachwirkung dieses Stromes begründet ansehen darf, so nahe diese Auffassung auch augenblicklich liegt: unsere weiteren Mittheilungen werden die Möglichkeit einer Erklärung dieses Tetanus ohne Zuhülfenahme einer Nachwirkung darbieten.[1])

Berlin, 9. April 1861.

---

1) Berichtigung. In I (Jahrg. 1860) S. 819, Zeile 17 von oben ist DF statt BD zu lesen.

Ueber den Bau und die Entwickelung der Wirbelthier-Eier mit partieller Dottertheilung.

Von

Professor C. Gegenbaur.

(Hierzu Taf. XI.)

Obgleich die genauere Kenntniss der Eier der Wirbelthiere mit den Entdeckungen v. Baer's und Purkinje's beginnt, so ist ein richtiges Verständniss der Thatsachen doch erst dann möglich geworden, als, vorzüglich durch R. Wagner, auch in anderen Thierclassen eine ähnliche Bildung der Eier nachgewiesen, und durch Schwann die gesammte Erscheinungsreihe auf die Zellenbildung zurückgeführt und nach der Zellentheorie beurtheilt ward. Die klare Vorstellung windet sich aber auch da noch mühsam aus dem Gewirre unrichtiger Anschauungen heraus, und man darf sagen, dass bis in die neueste Zeit in nichts weniger als unwesentlichen Punkten eine Uebereinstimmung der Meinungen noch nicht erreicht ist.[1] Es gilt dies namentlich von jenen Eiern, die einer partiellen Dottertheilung unterworfen sind, und diese forderten zu einer Prüfung früherer Angaben auf.

Die zu beantwortenden Fragen stellen sich am Klarsten bei Betrachtung der verschiedenen Angaben und Meinungen heraus, und so mag es erlaubt sein, zuvor einen Blick auf solche zu werfen. — Bei Schwann wird das Ei zwar als Zelle betrachtet, und im Zusammenhalte mit der gleichzeitigen Arbeit R. Wagner's scheint ihm die Deutung des Keimbläschen als Kern der Eizelle kaum mehr zweifelhaft. Was aber speciell das Vogelei angeht, so enthält der Dotter Zellen, und zwar anfänglich nur jene, die später beim reifen Eie in der Dotter-

höhle sich finden. Ob die darin sich findenden fettähnlichen Kügelchen die Bedeutung von Kernen besitzen, bleibt zweifelhaft. Als Umhüllung dieses Dotters wird dann eine zusammenhängende Schicht der schon von Purkinje beschriebenen Zellen angeführt. Die später erscheinende gelbe Dottersubstanz bildet sich lagenweise an der inneren Fläche dieser Zellenschicht, und da an der Stelle, wo Keimbläschen und die Grundlage der Keimhaut jenes anliegen, keine Bildung von Dotterkugeln erfolgen kann, so bleibt hier in jeder Lage von Dotterzellen eine Lücke, „die bei der zunehmenden Dicke der Dottersubstanz zu einem Kanal wird, der von der Dotterhöhle nach der Keimhaut führen muss, und in diese Lücke drängen sich die Zellen der Dotterhöhle hinein.“ Ob auch diese in der Dotterzelle entstehenden Kugeln Zellen sind, wird von Schwann anfänglich als nicht ganz bestimmt angegeben, dann jedoch ist von „Zellen in Zellen“ die Rede, und damit die Natur der Dotterkugeln genauer formulirt. Ueber die ferneren Veränderungen im Baue des Eies erfahren wir, dass die äussere aus kernhaltigen Zellen bestehende Schicht sich theilt, so dass nunmehr zwei dieser Schichten den Dotter umgeben; die eine, äussere, zeigt keine Zellen mehr, und ist wohl aus Verschmelzung von Zellen entstanden, die andere, innere, besteht fort aus Zellen, und ist da, wo die Keimhaut liegt, unterbrochen. Am reifen Eierstockseie verschwindet die letztere Schichte, und es bleibt nur die erstere bestehen.

Aehnlich der Schwann'schen Auffassung verhält sich jene R. Wagner's (Lehrb. der Phys. 1. Aufl. S. 34) bezüglich der allgemeinen Zusammensetzung des Vogeleies, indem auch er die Dotterkugeln als Zellen anspricht, die in einer anderen Zelle, der Dotterzelle, eingeschlossen seien. Auch das Keimbläschen ist als Zelle anzusehen, und der Keimflek verhält sich wie deren Kern.

Im Zusammenhalte mit dem Ei der Säugethiere würde diesem die gesammte Dottermasse des Vogeleies entsprechen, und beiden läge dieselbe wesentliche, nur eigenthümlich modificirte Bildung zu Grunde. Eine dieser Modificationen ist der Mangel einer Keimschichte (discus proligerus) im Säugethierei; sie

wird hier vielleicht dargestellt durch die den Dotter umgebende Körnermembran. Später (Lehrb. d. Physiologie. 3. Aufl.) ist diese Verschiedenheit der Lagerungsverhältnisse der Keimbläschen weniger urgirt. In Allem sehen wir eine Zurückführung der Theile des Vogeleies auf jene der Eier anderer Thiere durch R. Wagner überall angestrebt, und ihr vorzüglich im Prodromus hist. generationis (1836) das Wort geredet.

In dieser Auffassung hat wohl der grösste Theil der Physiologen von da an die Sache betrachtet, bis durch H. Meckel (Zeitschr. für wissenschaftl. Zoologie. Bd. III S. 420) eine andere Richtung angebahnt wurde. Bekanntlich hat dieser Forscher dargethan, dass, nachdem anfänglich das Keimbläschen gebildet sei, um dieses die Eisubstanz entstehe, um welche dann durch reichliche und schichtenweise erfolgende Zellenproductionen von Seite des Follikelepithels der gelbe Dotter gebildet werde. Die Formelemente des Dotters sind Umwandlungen des Graaf schen Follikelepithelium, und die Vereinigung dieser Theile mit dem primitiven Eie wird durch das Schwinden der vorher vorhandenen Dottermembran bewerkstelligt, so dass jene Zellenschichten nunmehr die äusseren Lagen der Eisubstanz selbst darstellen. Mit ausführlicher Beschreibung der Dotterelemente als Dotterzellen wird zugleich eine Analyse des Begriffes Zelle gegeben, woneben die bekannte Lichtenberg'sche Definition freilich nicht unpassend angebracht ist. Nach dieser Meckel'schen Deutung ist das Ei der Vögel und der übrigen Wirbelthiere mit partieller Dotterfurchung nicht dem Eie der Säugethiere und der Amphibien gleich, sondern diesem entspricht nur das Purkinje'sche Bläschen des ersteren. Dagegen ist das Vogelei dem Inhalte des Graaf'schen Follikels (resp. dem Corpus luteum) der Säugethiere gleichzusetzen, und der gelbe Dotter des Vogeleies entspricht den Zellmassen des Stratum granulosum im Graaf'schen Follikel des Eies der Säuger. Bei allem Anscheine von Klarheit und Einfachheit dieser Anschauung kommt doch nicht wenig Störendes ja sogar Unverständliches zum Vorscheine, wenn man berücksichtigt, dass das unreife Ei von dem Zeitpunkte an als Zelle zu bezeichnen sei, „wo sich um das Keimbläschen eine

davon abhängige Zellensubstanz bildet.“ Entweder ist diese Zellensubstanz, die vorher als ein integrirender Bestandtheil der Zelle, geradezu als Zelleninhalt definirt ward, nur etwas ausserhalb der Zelle liegendes, wenn man das Keimbläschen, wie ja Meckel will, als Zelle betrachtet; oder es muss das Keimbläschen in den verschiedenen Bildungsstadien eine verschiedene Rolle spielen, heute Kern, morgen wahrhafte Eizelle sein.

Die Meckel'sche Deutung des Vogeleies findet im Principe einen Widersacher an R. Leukart (Art. Zeugung in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. 4. Band. 1853). Die frühere Abschliessung des primitiven Dotters durch eine Dottermembran wird entschieden in Abrede gestellt, und die von Meckel als Membran gedeutete Umsäumung des Dotters als die hellere Grenzschichte angesprochen, aber auf Grund zahlreicher Untersuchungen wird die Bildung von „Dotterzellen, die an der Innenfläche der Drüsenwand entstehen, und schichtenweise an den körnigen Dotter sich anlegen“ (S. 792), offenbar gleichfalls als eine vom Follikelepithel ausgehende Erscheinung betrachtet. Diese Dotterelemente sind „Zellen mit einem sehr deutlichen Kerne, der alle charakteristischen Merkmale eines Zellenkernes darbietet.“

Um diese den weissen Dotter darstellende und das Keimbläschen umschliessende centrale Dottermasse entsteht dann „unter der Drüsenschicht des Follikels die structurlose Dotterhaut, und dann erst bildet sich unter dieser durch Umwandlung der Dotterzellen, die ihren Kern verlieren, der gelbe Dotter aus. — So ist zwar das Ei der Vögel aus Zellen aufgebaut, die anfänglich an der Follikularwand entstehen, allein es geht doch die Bildung des gelben Dotters vor sich, und das Ei kann demnach dem Graaf'schen Follikel der Säugethiere nicht gleichgesetzt werden. Vielmehr ist es, der Schwann'schen Auffassung gemäss, „in seinem morphologischen Werthe den Zellen anzureihen, der Dotter als Zelleninhalt, die Dotterhaut als Zellenmembran, das Keimbläschen mit dem Keimflecke als Zellenkern und Kernkörperchen zu deuten“ (S. 817). — In einer Dissertation von J. Samter (Nonulla

de evolutione ovi avium, donec in oviductum ingrediatur. Hal. 1853) wird gleichfalls gegen die Betheiligung des Follikelepithels an der Bildung des Dotters gesprochen, und sogar die Uebereinstimmung der ersten Bildung des Eies bei allen Thieren (es ist aber speciell nur von den Vögeln die Rede) als Forschungsresultat hervorgehoben, aber dabei wird mehrfach der Dotterzellen gedacht, so dass auch dieser Autor das Vogelei consequenterweise als einen complicirten Organismus betrachten muss. — Näher an der von H. Meckel ausgesprochenen Auffassung steht Ecker (Icones physiologicae Tab. XXII). Nach ihm ist wirkliches Ei nur der nach Reichert sogenannte Bildungsdotter, in welchen das Keimbläschen eingebettet ist. Der gelbe Dotter ist der Inhalt des Graaf'schen Follikels, der aus einer Vermehrung der früher nur eine einfache Lage bildenden Epithelzellen des Graaf'schen Follikels hervorgeht, und durch seine Wucherung den „wirklichen Dotter" an die Peripherie der Kapsel drängt, an welcher er als cumulus proligerus unterschieden wird. Dieser, wie der Meckel'schen Darstellung tritt Kölliker (Mikroskop. Anatomie. Bd. II. Abth. 2. S. 433. 1854) entgegen, und hebt besonders hervor, die Dotterhaut immer nur aussen am ganzen Dotter gesehen zu haben. Die Wagner'sche Auffassung ist ihm noch gültig, und der ganze Unterschied des Vogeleies vom Säugethierei besteht nach ihm darin, „dass bei ersterem innerhalb des Eies wirkliche Zellen sich entwickeln und ein guter Theil des Dotters direct aus Zellen sich aufbaut, bei letzterem nicht."

Endlich sehen wir noch einmal bei Allen Thomson (Todd, Cyclopaedia, Supplementary volume. 1859, die erste Hälfte des Artikels wurde 1852, die letzte 1855 ausgegeben) in einer ausgedehnten Arbeit über das „Ei", das Vogelei als Graaf'schen Follikel gedeutet. Es wird sowohl das von Meckel behauptete Auftreten einer primitiven Dotterhaut vertheidigt, als auch der aus Zellen bestehende gelbe Dotter dem Stratum granulosum des Graaf'schen Follikels gleichgesetzt. Bezüglich der primitiven Dotterhaut findet sich aber die Modification, dass sie zwar keine distinct begränzte, feste, doch eine unterscheidbare Schichte an dem primitiven feinkörnigen Dotter

sei. Auch bei der Bildung des gelben Dotters zeigt Thomson einige Unabhängigkeit von Meckel, indem er die Entstehung der Dotterzellen von der Wand des Follikels aus bezweifelt, und sie mehr innerhalb vom Lager der primitiven Follikelepithelzellen auftreten lässt.

Eine Arbeit von Hoyer (Müllers Archiv. 1857. S. 52) führt die Zusammensetzung des Vogeleies wieder auf ein engeres, und wie ich anticipando sagen muss, richtigeres Maass zurück. Das Follikelepithel wird als unbetheiligt bei der Bildung der Nahrungsdotter dargestellt, und das gesammte Vogelei dem primitiven Eie anderer Thiere gleich erachtet, was hier anderen Autoren gegenüber um so mehr folgerichtig erscheint, als von einer Zusammensetzung des Dotters beim Vogelei aus Zellen keine Rede mehr ist.

Alle diese im einzelnen vorgeführten Untersuchungs-Resultate bieten mehr oder weniger wichtige Abweichungen von einander dar, und diese Reihe verschiedener Ansichten wird noch vermehrt durch die neuerdings von Kölliker (Entwickelungsgeschichte des Menschen und der höheren Thiere. 1861. S. 24) gegebene Darstellung vom Baue des Hühnereies. Es besteht nach diesem Forscher das jüngere Eierstocksei aus der Dotterhaut, der Epithelialschichte, dem Nahrungs- und Bildungsdotter, und dem in letzterem befindlichen Keimbläschen. Das Ei ist also auch hier, obgleich Kölliker es als einer Zelle entsprechend ansieht, keine Zelle, sondern ein Complex von Zellen, da die aus „kleinen kernhaltigen Zellen“ gebildete Epithelialschicht, „die unmittelbar innen an der Dotterhaut anliegt“, doch unzweifelhaft zum Ei gerechnet werden muss (wie der genannte Autor es auch that), und da für die Auffassung des so gebildeten Eies als Zellencomplex völlig gleichgültig ist, dass und wann die genannte Zellenschichte wieder verschwindet. Auch über die Bildung des Eies der übrigen, aus partieller Dotterfurchung sich entwickelnden Wirbelthiere, fast aller Fische (Petromyzon ausgenommen) und der Reptilien herrschen noch ebenso mannichfaltige Vorstellungen, wie über jene der Vögel. Wie H. Meckel seine oben näher betrachtete Ansicht auf sämmtliche Eier mit partieller Furchung ausdehnt,

so findet auch R. Leuckart (l. c.) den Bau dieser Eier mit dem der Vogeleier, bis auf einige untergeordnete Momente übereinstimmend, und die oben beim Vogelei erwähnte Deutung muss auch für die anderen gelten. Dasselbe trifft auch bei Allen Thomson, so dass nur der beim Vogelei nicht erwähnten Arbeiten specieller zu gedenken sein wird.

Für die Eier der Reptilien sind die reichhaltigen Mittheilungen über den Bau und die Entwickelung der Schildkröteneier von J. Clark in Agassiz Contributions to the natural history of the united States of North-America. Vol. II. Part. III vor allen anderen hervorzuheben. (Ein kurzer Auszug, als: „Recapitulation on the Embyrology of the Turtle", ist gegeben im American Journal of Science and Arts. Vol. XXV. 1858.) Wir finden in diesem Werke, dass die primitiven Eier nach der ersten Differenzirung ihrer Theile im Graaf'schen Follikel sich ganz wie Zellen verhalten, und darin den Eiern anderer Thiere gleichkommen. Zuerst entsteht die Dottersubstanz mit ihrer Membran, dann bildet sich das Keimbläschen, in welchem bald wieder verschwindende Keimflecke auftreten[1]). Alsdann treffen den Dotter wichtige Veränderungen, indem in seiner Substanz Zellen, die Dotterzellen, hervorgehen. Es bildet sich auch hier erst die Zellmembran, dann tritt zuerst als leichte Trübung an der Wandung und mit verschwindenden Gränzen, aber allmälig einen scharfen sphärischen Umriss annehmend, und frei werdend, der Kern auf, und zwar sehr bald unter verschiedenster Form und Grösse.

„Unähnlich anderen Kernen ist der Kern der Dotterzellen nicht in seiner Entwickelung gehemmt, wenn die Zellmembran eine gewisse Grösse erreicht hat, und bleibt nicht als eine blosse Erinnerung an eine frühere Thätigkeit zurück, sondern er besteht fort unter lebhaften inneren Veränderungen seiner

1) Es wird hier zugleich für die einzelnen Theile der Zelle (Dotterzelle) eine neue Nomenclatur benutzt. Ektoblast wird die Zellmembran, Mesoblast der Kern, Entoblast das Kernkörperchen benannt. Falls in letzterem noch Körnchen liegen, so werden sie als Entosthoblasten bezeichnet.

beständig fortwachsenden Masse.“ Zu diesen Veränderungen des niemals frei entstehenden Kernes gehört vorzüglich die Bildung der Nucleoli, die nicht nur an Grösse und Form, sondern auch an Zahl sehr differiren, und oft ein krystallinisches Ansehen bietend, den Kern erfüllen. Der so aus Zellen geformte Dotter findet sich gleichmässig durch das ganze Ei, nur um das Keimbläschen sind helle, homogene Zellen mit kleineren Formen der oben beschriebenen Dotterzellen reichlicher gemischt. Auf der Oberfläche des Dotters, unter der Dottermembran, findet sich aus polygonalen, ein mosaikartiges Bild bietenden Elementen zusammengesetzt, ein continuirliches Zellstratum, welches vom Autor als „Embryonalmembran“ bezeichnet, und mit der Reichert'schen Umhüllungshaut zusammengebracht wird. Als solche wird es dann in gewissen Entwickelungsstadien des Embryo wirklich auch nachgewiesen. Nach aussen von dieser „Embryonalmembran“ liegt dann die homogene Dotterhaut, und dann erst folgt die Epithelschichte des Follikels. Was die Deutung dieses so sehr complicirten Eigebildes angeht, so nimmt unser Verfasser keinen Anstand, dennoch das ganze Ei als Zelle anzusehen, aber als Zelle eigenthümlicher Art und Bestimmung.

Was die Eier der Fische betrifft, so müssen zunächst jene der Selachier in Betracht kommen, die an Grösse und in den Dotterverhältnissen den Vogel- und Reptilien-Eiern am nächsten stehen. Allen Thomson (l. c. pag. 79) hat demgemäss auch die Eier der Selachier mit denen der Reptilien und Vögel (wie auch jene der Cephalopoden) in eine Gruppe vereinigt, welche durch die schon oben bei den Vögeln näher auseinandergesetzten Verhältnisse charakterisirt wird, wodurch auch zugleich der Standpunkt bezeichnet ist, den der genannte Forscher in dieser Frage bezüglich der Selachier-Eier einnimmt. Von anderer Art sind die Mittheilungen Leydig's (Beiträge zur mikroskopischen Anatomie der Rochen und Haie. Leipzig 1852. S. 87), aus denen hervorgeht, dass, Angabe gegen Angabe gehalten, hier ein grösserer Unterschied von den Eiern der Vögel und Reptilien besteht, als man dem gemeinsamen Modus des Furchungsprocesses zufolge anzunehmen berechtigt

wäre. Die Entwickelung der Eier geschieht wie bei den übrigen Wirbelthieren, aber statt der Dotterzellen des Vogel- und Reptilieneies entstehen im Dotter nur eiweissartige Kugeln und die sogenannten Dotterplättchen. Zugleich ersehen wir aus denselben Mittheilungen, dass das Epithel des Follikels in keiner Weise an der Herstellung des Nahrungsdotters betheiligt scheint.

Die vorstehende historische Auseinandersetzung und Darlegung der verschiedenen Ansichten über den Bau eines wie man meinen sollte in seinen Verhältnissen leicht festzustellenden Gebildes, wird es erklärlich erscheinen lassen, dass auf diese verschiedene Angaben hin unmöglich ein allgemeiner Gesichtspunkt über den eigentlichen morphologischen Werth des Eies erlangt werden kann. Selbst wenn man die scheinbar extremste Meckel-Thomson'sche Angabe als abgethan betrachten will, so sind die von Leuckart, Kölliker, Clark, Leydig mit einander im Widerspruche, selbst in Dingen, die man nicht als unwesentlich bezeichnen kann. Auch damit ist nichts geholfen, dass erklärt wird, das Ei sei einer Zelle gleich, sobald man dieser Zelle noch einen wiederum aus Zellen bestehenden Inhalt giebt, und sei es auch nur eine einzige Schichte, wie Leuckart, Clark und Kölliker thun. Eine Zelle, die wiederum Zellen zum Inhalt hat, besitzt, wie jetzt die Zellenlehre liegt, nur durch diesen Inhalt Bedeutung, sie selbst spielt keine Rolle mehr, denn jene Tochterzellen können doch nur aus der Theilung des Kernes und der Substanz der Mutterzelle hervorgegangen sein. Ob die ganze Dottermasse aus solchen Zellen besteht oder nur eine äussere Schichte des Dotters, ist gleichviel, denn auch diese Epithelschichte muss doch irgendwoher ihren Ursprung nehmen, und da bleibt im ganzen Eifollikel nur das Ei selbst und die darum liegende Follikelepithellage in Frage zu ziehen. Bildet sich jenes Epithel des Dotters vom Eie selbst aus, so kann dies doch nur durch sogenannte Dottertheilung geschehen, entsteht es vom Follikelepithel, so trägt dieses zur Bildung des Dotters direct bei, und dann kommt die Meckel-Thomson'sche Darstellung

nur quantitativ modificirt, wieder zu Ehren. In beiden Fällen der Alternative darf aber das Ei nicht als „Zelle", sondern muss als „Zellencomplex" betrachtet werden. — Zu diesen inneren, in den vorgetragenen Ansichten geborgenen Widersprüchen kommen noch mehrfache Schwierigkeiten, die beim Herbeiziehen des Furchungsprocesses entstehen und die diesen Vorgang in den einzelnen Abtheilungen der Wirbelthiere von äusserst ungleichem Werthe erscheinen lassen, je nachdem eine einfache Zelle oder ein Zellencomplex das Material zum Aufbau des künftigen Individuums liefert.

Meine eigenen Untersuchungen über den verhandelten Gegenstand mögen nun, so weit sie hier einschlagen, folgen.

Vor Allem ist die Anlage der Eierstocksfollikel in Betracht zu ziehen, um von da ab einen Ausgangspunkt zu gewinnen. Jüngere Zustände der Eifollikel sind von allen Wirbelthierklassen bekannt und zur Genüge beschrieben. Für Vögel, Reptilien und Selachier ist in diesen kleinsten Follikeln so ziemlich gleichmässig ein mit den übrigen Classen übereinstimmendes Verhalten angegeben, indem innerhalb der bindegewebigen Follikelhülle eine Epithelschichte lagert, welche das von wenig Dottermasse umhüllte, relativ grosse Keimbläschen umgiebt. Von Vögeln haben es R. Wagner, H. Meckel, R. Leuckart und Ecker so beschrieben. Die jüngsten Formen sogar entbehrten dieses Dotters nicht, und ebenso war immer auch das Keimbläschen vorhanden, so dass ich jene Angaben, nach denen in den kleinsten Follikeln das Keimbläschen fehlen soll, sowie jene, welche dem Keimbläschen eine frühere Entstehungszeit geben als dem Dotter, und letzteren sich gleichsam erst um das Keimbläschen ablagern lassen, mit Entschiedenheit in Abrede stellen muss. Bei den meisten Vögeln sind die jüngsten Eifollikel so klein, dass nur mittels sehr starker Vergrösserungen über die elementare Structur derselben etwas ermittelt werden kann, und dann kann man sich leicht überzeugen, dass das Follikelepithel schon eine ganze Zelle umschliesst, Keimbläschen und Dotter, letzteren nur spärlich, meist völlig durchsichtig, und das an Grösse nur wenig von den Kernen der Epithelzellen verschiedene Keimbläschen umgebend. Ein sehr

günstiges Object fand ich in dieser Beziehung an den Eifollikeln des Wendehalses, die nicht nur durch grosse, helle Epithelzellen, sondern auch durch die schönste Uebereinstimmung des Keimbläschens mit den Kernen der Epithelzellen ausgezeichnet waren.[1]) Es schien so das Ganze ein Haufen von Zellen zu sein, von denen eine central gelagert, die anderen peripherisch um diese eine Art Schichte darstellten. Während die centrale Zelle durch den Mangel einer besonderen Membran charakterisirt war, zeigt sich eine solche wohl bei den Epithelzellen als eine dunklere Contour, und ich glaube dies als den einzigen Unterschied beider ansehen zu müssen. Dass dieser vom Epithel umschlossene Follikelinhalt, aus einem Kerne und einer ihn umlagernden homogenen oder nur wenige Körnchen enthaltenden Substanz bestehend, offenbar eine Zelle vorstellt, ist zweifellos, und es würde ein Anachronismus sein, dafür noch besonders plaidiren zu wollen. Etwas Anderes ist die Frage nach der Zellmembran. Dass von einer solchen nicht das mindeste um den primitiven Dotter herum wahrzunehmen ist, habe ich schon oben betont. Man könnte somit sagen, dass nach den hergebrachten Begriffen von einer Zelle etwas sehr wesentliches der primitiven Eizelle abginge, so dass sie zwar einer Zelle gleichbedeutend, aber doch nicht so recht für „voll" angesehen werden könnte. Hierbei dürfte es nun zweckmässig sein, darauf aufmerksam zu machen, dass das, was wir „Zell-

1) Nicht wenige jüngste Follikel von 0,01‴ entwickeln kein Ei; auf den Querschnitt des Follikels trafen 1—4 helle Zellen, so dass das gesammte Epithel sich auf 7—9 Zellen belief. Sie umschlossen dann einen äusserst engen Centralraum, in dem durchaus nichts Geformtes zu sehen war (Fig. 9). Etwas grössere Follikel wiesen nicht selten statt der Dotter 2—3 scharf contourirte, stark lichtbrechende Tropfen, die aus ihrem Verhalten gegen Aether zu schliessen keineswegs Fett waren, und ausser diesen Tropfen fand man keinerlei formirte Bestandtheile. Man könnte diese Follikel als solche ansehen, deren Ei etwa zu Grunde gegangen wäre, ich glaube jedoch, dass sie besser aus der Weiterentwickelung der sterilen Follikelanlagen abzuleiten sind, bei denen sich der centrale Hohlraum allmälig mit einer den Dotterkörnchen ähnlichen Substanz füllt, die sich in Form von Tröpfchen niederschlägt.

membran“ zu nennen gewöhnt sind, in vielen Fällen ein Product der Zelle selbst, nicht ein Theil des lebendigen Zellorganismus ist, ja dass jegliche Zelle, so lange sie noch innerhalb energischer Lebensvorgänge sich bewegt, durchaus keine distincte nach aussen wie nach innen gleichmässig scharf abgegränzte Umhüllung als „Zellmembran“ aufweist, so dass der Nachweis von Membranen meist nur durch Anwendung besonderer Eingriffe kann hergestellt werden. So verhält es sich bei allen jungen in rascher Vermehrung sich bildenden Zellen, so weisen es ausnehmend deutlich alle Embryonalzellen auf, von den ersten aus der sich theilenden Eizelle hervorgehenden sogenannten „Furchungskugeln“ an bis zu der Anlage der Organe und ersten Differenzirung der Gewebe. Wenn so die gesammten Formelemente des sich bildenden Organismus, und ganze Kategorien im längst fertigen wie alle jungen zum Wiederersatz älterer bestimmten Zellen jenem Dogma von der Zellmembran sich nicht unterworfen zeigen, so folgt hieraus zweierlei: entweder ist das Continuitätsprincip (gegen welches auch sonst so vielfach gesündigt wird) hier aufzugeben und der Organismus eine Zeit hindurch nicht aus Zellen, sondern etwa nur zellenähnlichen Elementen zusammengesetzt anzunehmen, oder es muss der Begriff der Zelle dahin abgeändert werden, dass die „Zellmembran“ als etwas unwesentliches anerkannt wird, wobei ihre Aufführung bei der Definition des Begriffes der Zelle wegfällt. Das Letztere hat neuestens wieder M. Schultze (Reichert u. Dubois, Archiv für Anatomie u. Physiologie. 1861. p. 1) in einem beherzigenswerthen Aufsatze als nothwendig begründet, und zugleich den Vorschlag gemacht, den sogenannten Zelleninhalt, der doch mit dem Kerne das eigentlich Lebendige an der Zelle darstellt, mit dem früher schon von Remak in gleichem Sinne gebrauchten Namen: „Protoplasma“ zu bezeichnen, ein Vorschlag, der gewiss alle Beachtung verdient. Jede Zelle bestände sonach aus einem Quantum lebender Substanz, nämlich dem Protoplasma und dem Kerne, der in letzterem eingebettet ist. Die äusserste Schichte dieses Protoplasma kann sich nun verdichten oder überhaupt in ein von dem übrigen centralen Protoplasma phy-

sikalisch verschiedenes Verhalten eintreten, und diese Schichte, die nicht vom übrigen Protoplasma ausser Continuität gesetzt ist, bezeichnete man gewöhnlich als Zellmembran, wobei natürlich vielfach ähnliche, aber nicht mehr mit dem Protoplasma continuirliche Membranen, blosse Abscheidungen des Protoplasma zusammen geworfen sind. Dass aber eine solche physikalisch veränderte Schichte am Protoplasma, auch an noch lebendigen Zellen vorkomme, zeigen u. A. die meisten Epithelien, und ich möchte deshalb nicht für alle Zellen eine vollkommene Gleichartigkeit des Protoplasma in der Continuität der Masse annehmen, und halte es für bedenklich, der Auffassung M. Schultze's in diesem Punkte beizustimmen. Die Existenz einer differenzirten Membran scheint mir für den Zellbegriff nicht nothwendig, ohne dass ich deshalb allen Zellen das Vorhandensein einer äusseren vom übrigen Protoplasma verschiedenen Schichte in Abrede stellen kann. Und dass man diese äussere Schichte als Membran bezeichnet, scheint mir durchaus nichts widersinniges zu sein. Doch dies berührt hier zunächst nicht den zu behandelnden Gegenstand, und ich wollte mit dem Vorstehenden nur entwickeln, dass Nichts im Wege steht, das primitive Ei, auch ohne dass es eine Membran besässe, als Zelle anzusehen.

Wir haben also innerhalb des Follikels eine Epithellage, welche eine central gelagerte Zelle, die Eizelle, umschliesst, an der das Protoplasma den Dotter, der Kern den Keimfleck darstellt. In dieser Weise fand ich die Eifollikel in den drei näher untersuchten Wirbelthier-Abtheilungen, und kann so diesen frühen Zustand zum Ausgange der specielleren Prüfung der einzelnen Theile des Follikelinhaltes wählen.

1. Eizelle.

a) Dotter. Diese anfänglich völlig homogene, nach aussen gegen das Follikelepithel niemals durch eine Membran abgegränzte Substanz zeigt sehr bald Trübungen, indem die Ablagerung feiner Molekel auftritt. Die Contouren des Dotters stossen bald dicht an das Epithel, bald ist ein Raum zwischen Beiden bemerkbar, der je nach den Oberflächen-Verhältnissen

des sehr häufig elliptischen oder unregelmässig ausgebuchteten Dotters verschieden gestaltet ist. Mit dem Auftreten von zahlreicheren, stark lichtbrechenden Molekeln — den Dotterkörnchen — gränzt sich eine äusserste Lage der Dottersubstanz durch geringeren Molekelgehalt von den inneren Theilen ab, und dies geschieht bei Vögeln wie bei Reptilien und Selachiern im Wesentlichen übereinstimmend (Fig. 8, 16c, 15c). Die Gränze kann zwar nicht als scharf bezeichnet werden, denn es liegen auch noch in der hellen Schichte immer einzelne Molekel, und sie nehmen von aussen nach innen continuirlich zu, allein die Schichte ist immer deutlich genug, um nicht als eine Täuschung angesehen zu werden, die etwa daraus hervorginge, dass man beim Einstellen des Focus auf die Peripherie des Eies hier immer auch einen weniger dicken und somit weniger Molekel enthaltenden Dottertheil vor sich habe. Alle darauf untersuchten Vögel liessen sie auch später noch an Eiern von verschiedener Grösse nachweisen. Bei der Weindrossel fand ich sie an Eiern von $^3/_4'''$ Durchmesser, beim Huhne ist sie sogar noch an Eiern von $2^1/_2$—$3'''$ deutlich sichtbar (Fig. 2c). Man kann sich dieselbe dann dadurch sichtbar machen, dass man einen Follikel durch Anstechen theilweise seines Inhalts beraubt, wo dann der eingefaltete Rand des Dotters der Beobachtung leicht zugänglich wird.

Es haben diesen hellen Saum auch Andere beobachtet, so wohl H. Meckel, der ihn in einem Falle als Zona pellucida deutete (vgl. dessen Fig. 5d und Fig. 5*e). Auch Allen Thomson ist dieser Meinung gewesen. Seine Beobachtungen stimmen mit den meinigen bis auf die Angabe, dass der fragliche Saum, einer Zona pellucida vergleichbar, in Eiern von $1'''$ Durchmesser schon geschwunden sei.

Ziehen wir die Dottermolekel in Betracht, so ist zunächst ein sehr differentes Grösse- und Mengeverhältniss bei den einzelnen Species auffallend, indem bei den Einen, z. B. bei *Picus, Yunx*, auch beim Huhne die Dotterkörnchen sehr früh schon relativ gross sind, und, dicht gelagert, durch ihre stark lichtbrechende Eigenschaft den Dotter bei durchfallendem Lichte dunkel erscheinen lassen (Fig. 9), während bei Anderen, z. B.

beim Buchfink, Sperling, auch bei der Krähe, der Drossel und dem Bussard, feinere und weder so dicht gelagerte noch so stark lichtbrechende Körnchen die Dottermasse in den früheren Stadien weniger dunkel erscheinen lassen. Solche einfache Körnchen finden sich im primitiven Dotter aller Vögel vor. Dieser Zustand erscheint jedoch als ein bald vorübergehender. Eierstockseier des Grünspechtes von $^1/_2$—$^3/_4'''$ zeigen im Dotter zwischen ganz wenig Grundsubstanz zahlreiche Körnchen, die ein geringeres Refractionsvermögen besitzen, als nur um weniges kleinere, und in Eiern von $^1/_2'''$ sieht man fast durchweg nur helle Bläschen dicht bei einander liegen, dazwischen nicht gar häufig ein dunkleres Körnchen. Haben sich die stark lichtbrechenden Körnchen aufgelöst und sind plötzlich hellere Bläschen an ihrer Stelle entstanden, oder gingen letztere nur aus einer Umwandlung ersterer hervor? Die Beobachtung muss sich für den letzteren Fall der Alternative entscheiden. Die feinsten, im primitiven Dotter sich niederschlagenden Molekel (Fig. 18a) wachsen in grössere Körnchen aus, und diese werden unter Zunahme ihres Volums und Abnahme ihres Refractionsvermögens zu bläschenähnlichen Gebilden; diese finden sich dann um so häufiger, je mehr Erstere verschwinden. Die Continuität dieses Verhältnisses ist nicht schwer durch das Vorhandensein aller Uebergangsstufen nachzuweisen.

Die einfachen Bläschen, wenn isolirt, völlig sphärisch, sonst polyedrisch comprimirt, sind gegen Wasser höchst empfindlich, bersten rasch, indess sie während des früheren Zustandes in Wasser nicht verändert wurden. Sie erscheinen anfänglich homogenen Inhaltes, wasserklar. Aber bei nur um weniges grösseren Eiern trifft man auf Bläschen, deren Inhalt Molekel oder grössere Körnchen einschliesst (Fig. 18b). Man könnte versucht sein, zu glauben, dass diese Letzteren die von einer Membran umhüllten primären Dotterkörnchen seien, wenn man nicht fände, dass diese mit dem Auftreten der Bläschen verschwinden, und das Stadium der Bläschen ohne Inhalt zwischen jenem der blossen Körnchen und jenem der körnchenhaltigen Bläschen mitten inne läge. Die in den Bläschen zuerst als feinste Molekel auftretenden Körnchen können daher

nur als Neubildung gefasst werden, die innerhalb der Bläschen sich macht. Noch mehr wird diese durch die Thatsache bestätigt, dass anfänglich nur ein Körnchen in einem Bläschen sich zeigt, und allmälig deren mehrere auftreten, so dass in einem späteren Stadium gegen 10 Körnchen und darüber von einem Bläschen umschlossen sind (Fig. 19). Dabei finden sich jene einfachen Bläschen und auch noch einzelne freie Körnchen vor, so dass, wenn auch schon die bei Weitem vorherrschende Form der Elementartheile in ein weiteres Stadium vorgeschritten ist, immer noch eine Neubildung der ersten Anfänge vor sich zu gehen scheint. In Dottern des Hühnereies von 2''' Grösse finden sich ausser spärlicher, fein moleculärer Grundsubstanz nur solche körnerhaltige Bläschen vor. Die Eier anderer Vögel bieten dasselbe bei entsprechender Grösse des Dotters. Die Körner sind von sehr verschiedener Grösse, meist ist eines die anderen weit übertreffend. Sie zeigen ähnliche Lichtbrechungsverhältnisse wie Fett, allein ihr Verhalten gegen Aether verbietet sie als Fetttröpfchen anzusehen. Bei Dottern von $2^1/_2$''' (vom Huhne) ist die Vermehrung der Körnchen innerhalb der Bläschen weiter gediehen, einzelne verhalten sich als ziemlich ansehnliche Tröpfchen (Fig. 19).

Während bis jetzt die Dottersubstanz nach ihren Elementen als gleichartig bezeichnet werden kann, so tritt von nun an jener Scheidungsprocess ein, aus dem die weisse und die gelbe Dottersubstanz hervorgeht. Ein Theil der mehrfach erwähnten Bläschen bleibt in seinen allgemeinen Verhältnissen bestehen, und findet sich anfänglich vorzugsweise um das Keimbläschen angehäuft. Er stellt am reifen Eie an den bekannten Stellen vorkommend den „Bildungsdotter" dar. So lange das Ei vorzugsweise aus diesen Elementen besteht, erscheint es dem Auge immer heller, als später, grauweisslich, ja fast pellucid; so z. B. die Eier der Spechte, die, relativ am längsten (bis zu 2''' Durchmesser), jene Dotterelemente wahren.

Ein anderer Theil der Bläschen geht bezüglich seines Inhaltes bedeutende Veränderungen ein. Die Körnchen und Tröpfchen vermehren sich in ihnen beträchtlich, ohne dabei ansehnliche Grössezunahme zu erfahren, ja es scheint sogar ein

Zerfallen der grösseren Tröpfchen in zahlreichere kleine stattzufinden. Nur so lässt sich das Vorkommen der Letzteren erklären. Dabei verliert sich das starke Lichtbrechungsvermögen, wobei wohl auch eine Veränderung der homogenen Grundsubstanz der Bläschen eine Rolle spielt. Bläschen mit mehr dunkelcontourirten Körnern und Tröpfchen enthalten häufig ausserdem noch eine verschiedene Zahl blasscontourirter, und erweisen so den Zusammenhang der Erscheinung. Solche Bläschen messen beim Huhne 0,018—0,025‴. Wiegen die hellcontourirten Inhaltsbläschen (Fig. 3b) über die dunkleren Tröpfchen vor, so ist zugleich die Färbung des Gesammtbläschens verändert, sie erscheint gelblich. Mit der Vermehrung der immer zahlreicher aber auch immer feiner werdenden Inhaltsbläschen, die man jetzt wieder als Körnchen bezeichnen kann, entstehen jene Dottertheile, die den grössten Theil des reifen Vogeleidotters zusammensetzen (Fig. 4), nämlich die gelbe Dottersubstanz, oder der Nahrungsdotter. Der Nachweis, dass die Elemente des gelben Dotters aus einer Umwandlung des früher vorhandenen weissen hervorgeht, ist wiederum durch die leichte Auffindung von Zwischenstufen begründet, so dass sich von dem einfachen Molekel an, durch die Bläschen ohne Inhalt, Bläschen mit Inhalt, bis zu den, feine Körnchen in dicht gedrängter Menge enthaltenden Elementen des gelben Dotters eine continuirliche Formenreihe zieht. — Die gelben Dotterbläschen sind zarter als ihre Jugendzustände. Das ganze Bläschen befindet sich in einem halbflüssigen Zustande; sie liegen so dicht bei einander, dass sie sich polyedrisch pressen (Fig. 3), und nur isolirt nehmen sie die rundliche oder ovale Form an, können dann aber auch leicht sich ausziehen, in längere Strassen ausfliessen, wobei dann einzelne Portionen sich wieder zusammenballen können.

Die auch von Leuckart (l. cit. S. 793) erwähnte Bildung der Elemente des gelben Dotters aus Umwandlung des eine Zeit lang allein vorhandenen weissen Dotters ist an kein bestimmtes Grössestadium des Eies gebunden, und bald zeigten kleinere Eier schon intensiv gelbe Färbung des Dotters, und

die mikroskopische Untersuchung wies die erwähnten Elemente nach, bald waren um vieles grössere Eier derselben Vogelspecies noch pellucid oder nur schmutzig gelb gefärbt, und es war dem entsprechend auch die Umwandlung der Dotterelemente noch wenig vorgeschritten. Beim Huhne war das Grössemaximum der über jenen Vorgang schon hinaus getretenen Eier in einem Durchmesser von 4—4$^1/_2$''' gegeben.

Bezüglich des Ortes, an dem zuerst die Umwandlung erfolgt, ist es mir sehr schwer geworden, etwas Bestimmteres auszumitteln, und erst vielfache Versuche an verschieden präparirten Dottern liessen mich zu dem Resultate gelangen, dass es anfänglich eine der Peripherie zunächst gelegene Schichte ist, in der jener Vorgang erscheint; von da an greift er immer tiefer gegen die das Keimbläschen umgebende weisse Dottermasse. Dabei vergrössert sich der gesammte Dotter, und um das Keimbläschen herum findet eine fortlaufende Neubildung der jüngeren Formen statt, die da, wo sie an die schon gebildete gelbe Dotterschicht gränzen, immer wieder in den Umwandlungsprocess eingehen. Aus diesem Vorgange erklärt sich zugleich der Bau des reifen Dotters.

Während bei fast allen der untersuchten Vögel die Veränderung der Dotterelemente anfänglich ganz continuirlich durch den gesammten Dotter vor sich geht, fand sich beim Wendehalse eine hiervon abweichende Eigenthümlichkeit. Bei Eiern von $^3/_4$—1$^1/_2$''' Durchmesser bemerkt schon das blosse Auge durch den ziemlich pelluciden Dotter ein weisses Pünktchen hindurchschimmern, und das Mikroskop lehrt es als einen fast scharf umschriebenen runden Fleck kennen, der von einem Haufen dicht bei einander gedrängter Körnchen herrührt, jenen ähnlich, die anfangs in der ganzen Dottersubstanz auftreten. Der Fleck nimmt nahezu die Mitte des Dotters ein, oder liegt doch nur wenig excentrisch; mit dem Keimbläschen hat er keine Beziehung, denn dieses liegt immer entfernt von ihm. Um diesen Klumpen grösserer Körnchen, der in einer ganzen Reihe untersuchter Wendehalseichen niemals fehlte, wenn auch seine Grösse variabel war, lagert feinkörnige Dottersubstanz, in welcher wiederum jene grösseren Körnchen, jedoch nur zer-

streut, vorhanden sind, und so um den compacten Centralklumpen eine Art von Hof bilden, der, bei durchfallendem Lichte betrachtet, nach der Peripherie zu an Intensität der Färbung abnimmt. Fasst man den Centralklumpen näher in's Auge, so findet man, dass die groben Dotterkörnchen nur eine Rindenschichte darstellen, indem sie eine fein molekuläre oder fast homogene Masse umschliessen. Das Ganze ist sehr resistent, weicht selbst dem Drucke nur langsam, und kann nur gewaltsam in einzelne Stücke getheilt werden. Was die Bedeutung dieses constanten Gebildes angeht, so bleibt mir wenig darüber zu sagen. Offenbar gehört es in die Reihe jener Bildungen, die als „Dotterkern“ bezeichnet wurden, wie sie v. Wittich, v. Siebold und V. Carus bei Spinneneiern beobachtet haben. Von Letzterem, wie von Cramer (Müllers Archiv, 1848) und Ecker (Icones physiologicae) sind sie auch für das Froschei erwiesen. Victor Carus (Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. II, S. 104) lässt beim Frosche die Entstehung der Dottermasse aus jenem Dotterkern durch allmälige Ablösung seiner peripherischen Schichten hervorgehen, und auch in dem von mir beobachteten Falle dürfte kaum etwas anderes übrig bleiben, als ihn auf ähnliche Weise zu deuten. Es würde so die Bildung der Dotterkörnchen in der Corticalschichte jenes festeren Kernes erfolgen, und von da aus würden sie sich allmälig durch den Dotter vertheilen. Was nach aussen von der Rindenschichte sich ablöst, wird durch neue, darunter entstandene Körnchen ersetzt.

Wenden wir uns zu der Frage, als was denn die mannichfaltigen, meist als Bläschenbildungen auftretenden Dotterelemente des Vogeleies zu betrachten seien, so müssen wir zunächst jener Vorstellung begegnen, die ihre Bildung von Seite des Follikelepithels ausgehen lässt. Ich glaube, dass die geschilderten Thatsachen: das Entstehen der Formbestandtheile des Dotters im Inneren, die bis weit in das Stadium des Auftretens des gelben Dotters bestehende molekel- oder körnchenfreie äusserste Dotterschichte, die immer eine continuirliche Abgränzung für das gesammte Ei bildet, genügen werden, die genannte Annahme zu widerlegen. Diese Thatsachen berichti-

gen aber zugleich auch jene Meinung, nach welcher die gesammten Dottertheile „Zellen“ seien. In der That, ausser der oberflächlichsten Aehnlichkeit mit Zellen, wie sie bei allen, vorzüglich aber beiden durch Haptogenmembranbildung entstehenden Bläschen vorhanden ist, besteht keine einzige Eigenschaft, die jene Bildungen als Zellen deuten liesse. Molekel wachsen zu grösseren Körnchen heran, diese vergrössern sich, bilden sich unter beständiger Volumzunahme zu Bläschen um, in welchen von Neuem solidere Producte entstehen, die unter Massenzunahme sich in feinere Körnchen auflösen. Solche erfüllen dann dicht die relativ grossen Formbestandtheile des gelben Dotters. Die nicht in das letztere Stadium übertretenden Bläschen mit nur einigen stark lichtbrechenden Körnern oder Tröpfchen, bilden den weissen Dotter. Was man bei ganz oberflächlicher Betrachtung als Kern bezeichnen könnte, das zu gewissen Zeiten in den hellen Bläschen vorhandene festere Gebilde, ist in Form, Zahl und Grösse unendlich variabel, erst fehlt es, dann, wenn eines aus dem Wachsthume eines Molekel sich heran gebildet, bleibt es nur selten auf längere Zeit allein, denn bald treten daneben mehrere auf, die dann in der Bildung des gelben Dotters wieder in zahllose feine Granula sich umbilden. So zeigen diese Theile das gerade Gegentheil von den Eigenschaften, die man von einem Zellenkerne beanspruchen darf.

Bei den Reptilien ist die Entwickelung und Zusammensetzung der Dottersubstanz kaum anders als bei den Vögeln. Meine Untersuchungen erstreckten sich hier auf *Emys europaea*, *Alligator lucius*, *Lacerta agilis* und *Coluber natrix*. Für Emys kann ich das, was in Agassiz's Werk von Clark über das Schildkrötenei angeführt wird, soweit es reine Thatsachen sind, fast völlig bestätigen, und will, da so umfangreiche Untersuchungen und das kleinste Detail erläuternde Abbildungen vorliegen, nur bemerken, dass von dem den Dotter zu äusserst umgebenden Epithel, der sogenannten Embryonalmembran, mir Nichts vorgekommen ist. Was die Deutung der Dotterelemente angeht, so ist schon aus der in genannter Abhandlung gegebenen Darstellung zur Genüge evident, dass es

sich da ebensowenig um „Zellen“ handelt, als beim Dotter des Vogeleies, wie auch die Ergebnisse meiner Untersuchungen mich zu demselben Urtheile führten, wie es vorhin für den Vogeldotter ausgesprochen ward. Die homogenen Dotterkörnchen entwickeln sich im Schildkröteneie ebenso zu bläschenartigen Bildungen, diese lassen dann in sich festere Producte, die sogenannten Dotterplättchen (Clark's Mesoblasten) entstehen und diese bilden dann unter Vermehrung und mit neuen Differenzirungen im Inneren (woraus die Entoblasten und Entosthoblasten hervorgehen), den Inhalt der Dotterbläschen. Die festeren Dotterplättchen erscheinen zugleich als eine Eigenthümlichkeit der Schildkröteneier.

Was die Eier des Kaiman betrifft, so schliessen sich diese bezüglich der Dottersubstanz mehr an die Eier der Vögel an. In den beobachteten kleinsten Follikeln (von 0,02‴) ist das äusserst feinkörnige membranlose Protoplasma des Dotters von der Epithelschichte des Follikels unmittelbar umgeben und erst bei Eiern von 0,08—0,15‴ beginnt mit dem Auftreten grösserer Körnchen die oben bei den Vögeln ausführlicher beschriebene Randschichte sich zu differenziren. Die Vermehrung der Dottermasse scheint nun eine längere Zeit hindurch stattzuhaben, ohne dass die Körnchen sich weiter bilden. Eier von $^1/_4$—1‴ im Durchmesser bestehen noch vorwiegend aus fast homogener oder äusserst fein moleculärer Grundsubstanz, die undurchsichtig und trübe erscheint, und nur spärliche grössere Körnchen enthält. In Eiern von 2‴ Grösse zeigen sich neben den Körnchen noch Bläschen, die von nun an bis zu 0,006 bis 0,008‴ wachsen, und im Inneren völlig homogen sind. In wenig grösseren Eiern treten im Bläscheninhalte Körnchen auf (Fig. 11d. a), oder auch secundäre Bläschen, die durch geringere Lichtbrechung von den Ersteren unterschieden sind. Von da aus lassen sich die Theile der Dottersubstanz leicht in die späteren Zustände des Eies verfolgen. Die grössten Eierstockseier, die ich untersuchen konnte, maassen $^3/_4$″ im Durchmesser, waren von schmutzig-gelber Färbung, und der Dotter hatte dieselbe Consistenz, wie jener vom Vogeleie. Die Dottermasse bestand bei nur spärlicher Grundsubstanz fast ganz

aus 0,015—0,035''' grossen Bläschen (Fig. 11 b. c). Dazwischen fanden sich kleine Tröpfchen und Körnchen, die ich als Inhalt zerstörter Bläschen, nicht als frei zwischen letzteren vorkommende Theile annehmen muss. Dieselben Formelemente fanden sich nämlich beständig auch innerhalb der Bläschen, sie messen 0,001—0,006''', und zeigen einen Stich ins Gelbliche. Ausser den gefüllten Dotterbläschen kamen noch solche vor, die homogenen Inhaltes sind, oder nur vereinzelte, stark lichtbrechende Tröpfchen enthielten.

Dieselbe Umwandlung der Molekel und Körnchen des primitiven Dotters in Bläschen, in denen zum Theil wieder neue Formbestandtheile entstehen, ist auch bei der Eidechse und Natter zu beobachten. Die untersuchten kleinsten Eierstockseier dieser Thiere, von 0,04—0,06''' messend, besitzen ein völlig homogenes Protoplasma, in dem der vorhin beschriebene Vorgang beginnt und zu dem nämlichen Ziele führt.

Was endlich die Eier der Selachier betrifft, von denen zuerst Leydig (Beiträge z. mikrosk. Anat. der Rochen u. Haie. 1852) ausführlichere Mittheilungen in histiologischer Hinsicht brachte, so habe ich Folgendes hervorzuheben: Bei *Raja* ist das an den kleinsten Eierstockseiern vorhandene Dotterprotoplasma schon durch seinen Reichthum an gröberen Körnchen ausgezeichnet, schliesst sich so an die Dotterverhältnisse der Vögel an, während bei Haien (*Acanthias. Mustelus*) der Dotter noch länger pellucid bleibt, oder durch Molekel doch relativ nur wenig getrübt wird. Eier von *Acanthias* von 1''' Durchmesser enthalten im Protoplasma ausser feinen Körnchen und kleineren Bläschen (Fig. 20 a) auch noch grössere Bläschen, welche je ein fettartig glänzendes Tröpfchen umschliessen. Nicht selten ist dieses gedoppelt oder wie mit einem convexen Aufsatze versehen (Fig. 20 b). Dass diese Gebilde nicht aus einer Theilung hervorgegangen sind, lehrt die vergleichende Betrachtung der einzelnen Formen, aus der sich nachweisen lässt, dass der Aufsatz durch allmälige Apposition hervorgeht. In Eiern von 2—3''' sind dieselben Bläschen, nur etwas grösser, vorhanden, das festere Körperchen ist gewachsen, und bricht das Licht sehr stark. Von nun an nehmen sowohl die

Bläschen, als auch ihr festerer Inhalt zu, und letzterer erscheint mehr würfelförmig, mit abgerundeten Kanten und Ecken, oder oblong, endlich sogar tonnenförmig gestaltet (Fig. 20 c). Die Oberfläche ist völlig glatt und eben, die Masse vollkommen gleichartig, bald den grössten Theil des zartwandigen Bläschens erfüllend. In Eiern von 4—5''' (*Acanthias*) beginnt an der Oberfläche dieses Körperchens eine Furchung sich zu zeigen, die schliesslich zu einer förmlichen Zerklüftung führt (Fig. 20 d. e. f), und damit gehen diese Gebilde in die im reifen Eie längst bekannten Formen der sogenannten „Dotterplättchen" über. Auch noch zu dieser Zeit ist die Membran des ursprünglichen Bläschens um das Dotterplättchen vorhanden. Freilich verlieren sie viele während der Untersuchung, so dass es scheint, als ob die Plättchen frei im Dotter lägen. Wo ich aber die Sache genauer nahm, fand ich, dass sie in den meisten Fällen sich nachweisen lässt und sorgfältig ausgebreitete und in einer Gummilösung vertheilte Dottermasse liess die Dotterbläschen unversehrt erkennen. Wie beim Vogel- und Reptilienei gezeigt ward, gehen auch beim Selachierei nicht alle Bläschen in das letzte Stadium über, in jenes nämlich, welches das einfache Körnchen in das Dotterplättchen umwandelt. Am reifen Eierstockseie findet man um das Keimbläschen, und von da aus noch über einer grösseren Strecke der Dotteroberfläche blasse, entweder völlig homogene, oder rundliche Körnchen umschliessende Bläschen vor, dieselben Verhältnisse bietend, wie auf einer früheren Bildungsstufe des Dotters die gesammten Formbestandtheile aufwiesen, so dass also auch hier die Bildung des gelben und weissen Dotters innerhalb der gleichen Entwickelungsreihe liegt, wie bei den Vögeln und Reptilien.

Von dem aus den vorstehenden Thatsachen sich ergebenden Gesichtspunkte aus können auch die von de Filippi (Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. X S. 15) mitgetheilten Beobachtungen beurtheilt werden. De Filippi hat dort eine nähere Untersuchung der Dotterkörperchen an Eiern von *Cobitis* mitgetheilt und an diesen gezeigt, dass die von Radlkofer für Krystallbildungen erklärten Gebilde nicht so angesehen werden könnten, womit ich, soweit dies meine Untersuchungsobjecte be-

rührt, übereinstimmen zu können glaube. Anders verhält es sich mit der Deutung der Dotterbläschen als Zellen. Es ist offenbar, dass, abgesehen von den Grösseverhältnissen zwischen den Eiern der Knochenfische und der Selachier nicht jene Differenz im Baue besteht, wie man vermuthen möchte. Die ganze von de Filippi gegebene Darstellung der Dotterbläschen von *Cobitis* stimmt so sehr mit dem, was ich an Selachiereiern sah, überein, dass es wohl erlaubt sein wird, dieselben Bedenken, die sich gegen die Zellnatur der Dotterelemente der Selachier erheben, auch gegen jene vom *Cobitis*dotter zu hegen. So interessant es ist, zu erfahren, dass die Dotterkörperchen von *Cobitis* mit einer Membran umgeben seien, wie jene bei den Selachiern, so wenig kann aus dem blossen Vorhandensein der Membran auf die Zellnatur geschlossen werden. Die Membran bedingt aber nur den Begriff des Bläschens, und ein Bläschen ist noch keine Zelle. Was nun die nicht blos mit Kernen verglichenen, sondern als solche erklärten Körperchen angeht, so sind gerade die wesentlichsten Eigenschaften des Kernes an ihnen nicht mit Bestimmtheit nachgewiesen, nämlich die Beziehungen zu einer Vermehrung der sogenannten „Plättchenzellen". Dass 2 oder 3 der Plättchen in einem Bläschen vorkommen, braucht keineswegs aus einer Theilung eines ursprünglich vorhandenen einzigen abgeleitet zu werden, und ebensowenig ist ein zwingender Umstand vorhanden, die Bläschen, die „wie im Anfange einer Theilung begriffen waren", als wirklich sich theilende anzusehen. Wenn so Nichts direct für die Bläschen als Zellen spricht, so spricht Manches dagegen: ihre Beschaffenheit, namentlich in späteren Stadien, die ganz ungeheure, sonst nie vorhandene Unbeständigkeit der Form, und vor Allem die Unmöglichkeit, nach jener Auffassung auf eine unseren jetzigen Anschauungen angemessene Weise die Entstehung dieser Elemente zu erklären. —

Dottermembran. In den frühesten Zuständen ist bei Vögeln, Reptilien und Selachiern (wie bei allen übrigen Wirbelthieren) keine Spur einer Membran um den Dotter wahrzunehmen, und der Dotter stösst entweder unmittelbar an die Epithelschichte des Follikels, oder er ist durch einen, wie es

scheint, Flüssigkeit führenden, niemals jedoch beträchtlichen Zwischenraum von jener getrennt. Von der Oberfläche des Dotters kann man so das Dotterprotoplasma ohne jegliche Abgränzung bis in die Mitte des Dotters verfolgen. Eine Abgränzung tritt in gewissem Maassstabe mit der Differenzirung der äussersten Dotterschichte auf, deren schon oben für die Vögel mehrmals erwähnt wurde, und die auch bei den übrigen hier abgehandelten Wirbelthieren deutlichst vorhanden ist. Mit der Vermehrung der Dotterkörnchen, Bläschen u. s. w. bleibt eine peripherische dünne Schichte, ausser dem Bereiche dieser Veränderungen, nur aus der ursprünglichen Grundsubstanz, dem eigentlichen Protoplasma des Dotters, bestehen. Wenn auch in Continuität mit dem übrigen Dotter, gränzt sie sich doch durch eine immer deutlicher und schärfer werdende Linie gegen den körnigen Ei-Inhalt ab, und wenn man auch anfänglich noch feinste Molekel in dieser Schichte bemerkt, so sind diese später nicht mehr vorhanden, so dass Eier z. B. vom Huhne von $2^2/_2$''' Durchmesser mit einer fast völlig homogenen Dotterumhüllung (Fig. 2 c) versehen sind. Die Abgränzung gegen den Dotter hin ist weniger scharf als jene nach aussen, so dass die auch von mir eine Zeit lang gehegte Meinung, dass diese Schichte vom Follikelepithel abgesondert sein könnte, dadurch sich als irrig erwies. Auch bei den sorgfältigsten Präparirversuchen stellt sich die Membran höchst schwer tractabel heraus, und ist mir in diesem Stadium, ohne dass Dottertheile daran blieben, nie darstellbar gewesen. Sie kann daher für jetzt nicht als eine völlig gesonderte Dotterhaut angesehen werden. Etwas ältere Eier, z. B. solche von 4—6''' vom Huhne, zeigten jene äusserste Schichte nicht nur nicht mehr gegen den Dotter zu abgegränzt, sondern zugleich von grösserer Resistenz. Von da ab ist es klar, dass man es mit der Dottermembran zu thun hat, denn bis zur völligen Reife vermag man sie nicht nur leicht in allen Zwischenstufen zu verfolgen, sondern es geben sich auch sehr bald alle Eigenschaften kund, wie sie an der Dotterhaut des reifen Eies sich zeigen. Als Unterschied der Membran bei Eiern von 5—8''' Durchmesser von der Membran reiferer Eier kann ich nur

eine relativ grössere Dicke und das leicht erfolgende Aufquellen beim Zusammenbringen mit Wasser hervorheben. Ein Zerfallen in einzelne, wenn auch nur entfernt zellenähnliche Theile habe ich niemals gesehen und muss überhaupt die directe Betheiligung von Zellen, die H. Meckel auch hier in Anspruch nimmt, da er die Dotterhaut aus „verklebten Zellen" entstehen lässt, auf das Bestimmteste in Abrede stellen. Eine andere Frage ist es, ob das Follikelepithel durch Abscheidung einer homogenen Schichte nicht mittelbaren Antheil nimmt und um die von Seite der äussersten Schichte des Dotters gebildete Membran nicht eine zweite Schichte absetzt, die dann mit Ersterer sich vereinigt. Ich hahe zwar, so sehr ich auch mein Augenmerk darauf richtete, Nichts gefunden, was mir directe Anhaltepunkte verschafft hätte, allein der Umstand, dass am reifen Eie des Huhnes die Dottermembran (abgesehen von der Chalazenhaut) aus zwei ganz deutlichen, ziemlich fest mit einander verbundenen Lamellen besteht, lässt mich einige Bedenken tragen, die gesammte Membran von dem Dotter allein abzuleiten. Möglich ist jedoch immer, dass in der letzten Zeit die anfänglich bestimmt einfache, aus der äussersten Schichte des Dotterprotoplasma hervorgegangene Membran sich spaltet.

Günstigere Beobachtungsobjecte für die Entwickelung der Dotterhaut finden sich unter den Reptilien. Ich hebe die Eier der Eidechse hervor. Die Differenzirung der Dotterhaut ist schon bei Eiern von 0,4''' deutlich, doch ist da die Gränze gegen den körnigen Dotter hin noch nicht bestimmt, und es besteht nur eine als zarter Randsaum auf dem Querschnittsbilde erscheinende Schichte von homogener Beschaffenheit (Fig. 13 c). In Eiern von 1''' erscheint diese Schichte als ein 0,001''' breiter Saum, in dem selbst das kleinste Molekel fehlt, und der beim Zerreissen durch das stattfindende Ausströmen der Dottersubstanz eine festere Beschaffenheit kundgiebt. Man sieht dabei, wie die äusserste Schichte, wenn man überhaupt bei so continuirlichen Dingen von einer Schichte sprechen darf, die resistenteste ist, und wie nach innen zu die gleichwohl noch homogene Masse an Resistenz abnimmt, indem Dotterkörnchen sich in sie eindrücken, oder gar Theile davon mit wegreissen

können. Auch bei den Eiern der Natter habe ich solches beobachtet (Fig. 15 c), und auch hier schon bei solchen von 1''', besser bei $1^1/_4$''' grossen, die dicht unter dem Follikelepithel liegende, nach innen continuirlich in den Dotter übergehende Membran gesehen.

An 0,1—0,3''' grossen Eierstockseiern des Kaiman verhält sich der helle Saum ähnlich wie bei der Eidechse und Natter, doch ist er nicht so ganz molekelfrei, und es zeigen sich in ihm sogar einzelne Bläschen, so dass der allgemeine Eindruck nicht in dem Grade der einer Abgränzungsschichte ist, wie bei anderen Reptilien. Eier von 0,5''' zeigen ihn viel bestimmter, und er erscheint hier als eine den körnigen Dotter umgebende, völlig homogene Schichte. Aeltere Eier bieten ein eigenthümliches Verhalten dar. Schon solche von $1^1/_2$''' ergeben, dicht an dem Follikelepithel (Fig. 10 b), eine der vorerwähnten ähnliche homogene Membran von 0,004—0,006''' Durchmesser (Fig. 10 c), und unter dieser noch ein besonderes, ganz scharf ausgeprägtes Stratum, welches bei mässiger Vergrösserung eine radiäre feine Strichelung zeigt, heller ist als die nach innen gelegene Dottermasse, dunkler jedoch als die homogene äusserste Umhüllung. Stärkere Vergrösserungen lösen die feinen Striche in Contouren dicht bei einander stehender feiner Stäbchen auf (Fig. 10 f), die ich mit nichts Besserem vergleichen kann, als mit den wimperartigen Stäbchen, in welche der Deckel mancher Darmepithelialzellen zerfällt. Zuweilen, namentlich bei Flächenansichten (Fig. 10 f'), hat es den Anschein, als ob zahlreiche feine Röhrchen oder Poren eine Membran durchsetzten. Profilbilder stellen dies jedoch nicht blos in Frage, sondern geben auch die Entscheidung für die Stäbchen ab. Diese zunächst der eigentlichen Dottersubstanz aufliegende Stäbchenschichte scheint von nun an einen bleibenden Bestandtheil des Eies auszumachen, sie findet sich ohne auffällige Veränderung noch an Eiern von 3''' Durchmesser und an noch grösseren Eiern, die ich, allerdings etwas spät (nachdem sie nicht mehr frisch waren), darauf untersuchte, habe ich wenigstens noch Spuren davon bemerkt. Es dürfte sich nun um die Deutung dieser beiden Schichten handeln, und da möchte ich

denn die Stäbchenschichte als die aus dem Dotterprotoplasma hervorgegangene, der Dotterhaut der übrigen Reptilien analoge Schichte ansehen, während die homogene äussere (Fig. 10 c) mehr als Eiweisshülle, der *Zona pellucida* des Säugethiereies gleich, sich darstellt. Dass sie nicht aus dem hellen Randsaum des Dotters hervorgeht, also nicht jenen der Vögel, der Eidechse und der Natter gleich zu erachten ist, schliesse ich daraus, dass sie wie bei Eiern von 1''' Durchmesser, wo sie um vieles dünner erscheint, schon von der hellen Randschichte des Dotters durch eine deutliche Contour geschieden ist, auch zeigt sie in späteren Zuständen eine entschiedene Schichtung, und löst sich bei Eiern von 2 –5''' sehr leicht von der Stäbchenschichte streckenweise ab.

Was die Eier der Selachier hinsichtlich der Dotterhaut angeht, so ist auch hier wieder die Differenzirung einer Randschichte äusserst deutlich (Fig. 16 c); später, bei *Raja* an Eiern von 1—2''', erscheint dann eine homogene Membran, die durch eine ganz zarte Contour nach aussen, durch eine sehr scharfe jedoch nach innen abgegränzt ist, und so nicht continuirlich in die Gränzschichte des Dotters überging. Bei *Acanthias* (Fig. 16 c) erreicht sie eine sehr ansehnliche Dicke, und misst bei Eiern von 4—5''' 0,08''' im Durchmesser. Ausser dieser schon von Leydig als Eiweissschichte angeführten Membran habe ich bei *Acanthias* keine zweite Hülle bemerkt, und dicht unter ihr fand ich immer die Substanz des Dotters, die nach innen zu immer grössere Körnchen und Bläschen aufwies. Es liegen hier wohl bei den Selachiern andere Verhältnisse vor als bei den Vögeln und Reptilien, und eine Dotterhaut, wie sie dort von Seite des Dotters durch Umwandlung seiner peripherischen Schichte zu Stande kam, kommt hier wohl nicht vor, sondern der Dotter bleibt auf dem früheren Stadium der Differenzirung bestehen, dagegen bildet sich eine Hülle von aussen her, wozu wahrscheinlich die Zellen des Follikelepithels das Material abscheiden, wenn man den Vorgang der Bildung jener Membran nicht auf die Oberfläche des Dotters selbst verlegen will. —

b) Keimbläschen. Unter allen Theilen des primitiven Eies erleidet das Keimbläschen die geringsten Veränderungen.

Bei Vögeln, Reptilien und Selachiern liegt es anfänglich, wie auch Andere dies schon angegeben haben, mitten im Dotterprotoplasma. Dass es zu diesem sich als Kern verhält, bedarf wohl keiner näheren Begründung mehr. Bei den Vögeln nimmt es eine excentrische Lage ein, sobald eine reichlichere Körnchenbildung im Dotter Platz greift (Fig. 8. k. k), und dann wird es ganz oder theilweise in seinem Umfange von Dotterkörnchen bedeckt und entzieht sich so zuweilen dem Auge. Eine ganz auffallend excentrische Lage habe ich bei Eiern vom Buntspechte gesehen. Die dunkle Körnermasse des Dotters umgab $^2/_3$ des Keimbläschens, und mit dem freien Theile stiess es nahe an die Oberfläche des hier fast körnerlosen Dotterprotoplasma. Diese Lagerungsweise, die ganz beständig vorkommt, ist kein für sich stehendes, unwesentliches Factum, denn sie zeigt hier die selbständig und unabhängig vom Keimbläschen vor sich gehende Bildung der Formelemente des Dotters, ähnlich wie es (noch auffallender) beim Wendehalse vorkommt und oben angezeigt wurde. Der Inhalt des Keimbläschens ist bei allen untersuchten Gattungen, ohne Spur von sogenannten „Keimflecken“, völlig homogen. Er erscheint als eine zähe Flüssigkeit, in der nur bei nicht mehr frischen Eiern feine Krümel oder Körnchen als Niederschläge vorkommen. Erst später treten constanter festere Theile auf, doch zeigen hierin die einzelnen Vogelgattungen manche Verschiedenheiten. Beim Wendehalse findet man in $^1/_2'''$ grossen Eiern durch das ganze Keimbläschen zerstreute Punkte, die sich auf unregelmässige Gruppen vertheilen können, oder, wie ich mehrmals sah, in fast spiralig gewundenen Figuren zusammenreihen. Die Membran des Keimbläschens ist hier schon deutlich doppelcontourirt, ebenso bei $^3/_4'''$ grossen Eiern des Grünspechtes. Auch hier fehlen wirkliche Keimflecke später noch, und dasselbe muss ich vom mittleren Buntspechte und vom Huhne behaupten, obgleich Ecker von letzterem aus einem frühen Stadium sogar den Keimfleck abgebildet hat (vergl. Icones physiologicae Taf. 22 Fig. V g.). Bei Hühnereiern habe ich von der ersten Anlage bis zu einer Grösse von $3'''$ niemals etwas derartiges sehen können, wenn

das Ei aus dem eben erst getödteten Vogel genommen ward. Trübungen, Granulirung etc., partielle wie totale, sind dagegen an den Eiern schon länger getödteter Thiere äusserst häufig und mannichfach vorhanden. — Eine andere Abtheilung von Vögeln besitzt im Keimbläschen, wie es schien, ganz normal festere Elemente. Ich habe solche beim Buchfinken, Sperling, und bei der Weindrossel gesehen. Beim Buchfink und Sperling waren sie den von Meckel dargestellten ähnlich, 10—20 kleine helle Bläschen, zwischen denen äusserst zarte Molekel sich finden. Die der Weindrossel waren äusserst zahlreich, und unendlich zart. In beiden Fällen waren sie durch die gesammte Masse des Keimbläschen-Inhaltes vertheilt. Wegen dieses Fehlens bei den Einen und Vorkommen bei den Anderen, sowie in Betrachtnahme des beständigen Fehlens in den frühesten Stadien, und der variablen Formen, möchte ich vorläufig all diese sogenannten Keimfleckbildungen nur als gewisse Formzustände eines Theiles des Keimbläschen-Inhaltes ansehen und ihnen durchaus keinen höheren Werth, etwa für die Leitung der Lebensvorgänge im Keimbläschen, oder gar im Eie, beimessen.

Die folgenden Veränderungen des Keimbläschens bestehen nur in einer Grössezunahme und einem Dickerwerden seiner Wandung, und so kann man dies Gebilde bis in den Zustand im reifen Ei verfolgen.

Für die Reptilien habe ich nur weniges anzuführen. In jüngeren Eiern liegt das Keimbläschen wie bei den Vögeln mehr nach der Mitte des Eies zu, und rückt wie dort allmälig an die Oberfläche heran, so dass es am reifen Eie fast dicht unter der Dotterhaut zu finden ist, umgeben von einer Lage der oben erwähnten Elemente des weissen Dotters. Natter, Eidechse und Kaiman verhielten sich hierin gleich. Bei Letzterem besitzt es schon in Eiern von 0,5—0,6''' sehr deutliche Doppelcontouren, es misst hier 0,08—0,11'''. Nach innen ragen von der Wand 30—50 kurze konische Zapfen, die bei der Flächenansicht sich wie runde Bläschen darstellen (Fig. 12), und als einfache, structurlose Verdickungen der Wandung erscheinen. Sie gleichen ganz den Gebilden, die H. Meckel

vom Keimbläschen des *Cyprinus auratus* beschrieb, und die ähnlich auch bei den Batrachiern vorkommen, und wohl eher als constante Gebilde angesehen werden dürfen, als die vielfach variirenden Klümpchen und Körnerhaufen, die im Inneren des Keimbläschens zuweilen sich vorfinden können. Diese Keimbläschenpapillen gehören nicht der Wandung des Keimbläschens gleichmässig an, sondern sind Wucherungen einer inneren Lamelle derselben, die ich bei 0,1—0,3''' grossen Bläschen immer zweifellos unterscheiden konnte. Sie wachsen und vermehren sich mit der zunehmenden Grösse des Bläschens.

In den Eiern der Eidechse sind die „Keimflecke" ohne innigere Beziehung zur Wandung des Keimbläschens, so dass sie in jene Abtheilung fallen, in der auch die Keimflecke mehrerer Vögel stehen. Es sind in der Regel 4—8 runde, meist nahe bei einander liegende Bläschen von 0,0012 — 0,0024''' Grösse, zwischen denen meist noch körnige Masse gelagert ist. Jüngere Eichen, solche von 0,1—0,2''', zeigen Keimbläschen homogenen Inhalts, an älteren Eiern, wie solchen mit Keimbläschen von 0,08—0,12''', waren bei sehr starken Vergrösserungen kleine, stets der Wand eng angelagerte Körperchen von 0,0005—0,0008''', und ausser diesen feinen Elementen noch im Inneren einige Bläschen sichtbar, die mit den wandständigen in keiner Beziehung zu stehen scheinen. Ich möchte daher die feinen wandständigen für die eigentlichen, denen des Kaiman gleichkommenden Keimflecke, das übrige für inconstante Inhaltsumwandlungen ansehen. Bei *Coluber* fehlen Keimflecke, und unter den Selachiern habe ich bei *Raja* in keinem Stadium bis zu Eiern von 8''' Keimfleckbildungen auffinden können. Das Keimbläschen (Fig. 16 k) erschien frisch immer völlig wasserklar, und enthielt nur an nicht mehr ganz frischen Präparaten Trübungen oder wolkige Niederschläge, zuweilen sogar Körner oder kleine Bläschen, die ich jedoch sämmtlich als Zersetzungsproducte ansehen muss. Bei *Acanthias*eiern enthielt das Keimbläschen ebenfalls nie wandständige Keimbläschen, dagegen häufig frei im Inneren liegende Bläschen von verschiedener Grösse, oft sogar einen sphärischen Klumpen formirend. Obgleich diese Gebilde selbst an frisch unter-

suchten Keimbläschen sich vorfanden, möchte ich mich doch hüten, ihnen vorläufig irgend welche besondere Bedeutung beizulegen.

Aus einer näheren Würdigung des Keimbläschen-Inhaltes dürfte also das zunächst hervorgehen, dass man als Keimflecke sehr verschiedene Dinge bezeichnet hat, und dass Keimflecke keineswegs zu den constanten Theilen des Eies gehören. Einmal sind es Verdickungen, oder konische Wucherungen der Wand des Keimbläschens, und dann sind es wieder freie Bläschen, Körnchen und dergleichen, diese jedoch immer in solchen wechselnden Zahlen- und Grösseverhältnissen, dass sie wohl am wenigsten für die Lebensverhältnisse des Keimbläschens von Belang erscheinen, und, bis gewichtigere Thatsachen vorliegen, als unwesentliche Dinge zu betrachten sind. Dasselbe möchte ich auch von den wandständigen erachten, die nur durch die Regelmässigkeit ihres Vorkommens sich auszeichnende Eigenthümlichkeiten der Wandung des Keimbläschens sind.

2. Vom Follikelepithel.

Sowohl bei Vögeln, Reptilien und Selachiern, wie auch bei allen übrigen Wirbelthierabtheilungen in der ersten Entwickelungsstufe des Eifollikels, bildet das Epithel eine einfache Lage von Zellen rings um das Dotterprotoplasma. Bei den Vögeln zeichnet sich die gesammte Epithellage in den früheren Stadien durch die Helligkeit ihrer Zellen aus. Fast ganz glashelle Epithelzellen besitzen *Turdus*, *Picus* und *Yunx*. Bei diesen, wie bei den anderen von mir untersuchten Gattungen sind die Epithelzellen anfänglich gleich hoch wie breit (Fig. 8b), die Kerne rundlich; Theilungszustände der Kerne wie der Zellen gehören zu den häufigen Vorkommnissen[1]). Die Grösse der

1) Bei den gar nicht selten im Eierstocke des Huhnes beobachteten Follikeln mit 2 Eiern (Fig. 8) setzt sich das Epithel nie zwischen die beiden Dotter fort, sondern diese berühren sich dicht mit einer verschieden grossen Fläche. Es giebt dies zugleich einen Beweis dafür ab, dass die Oberfläche des Dotterprotoplasma, schon hier sich membranartig verhalten muss, denn sonst würde ich keinen Grund sehen, warum nicht ein Zusammenfliessen beider Dotter erfolgt.

Zellen schwankt zwischen 0,004—0,007'''. Beim Bussard fand ich sie auch noch bei Eiern von $^1/_2$—$^3/_4$''' in der ursprünglichen Form, während sie beim Buchfink, beim Sperling (Fig. 1 b), der Elster, der Krähe und beim Huhne (Fig. 2 b) schon sehr frühe deutlich in die Länge gestreckt erschienen, so dass die gesammte Schichte durch ein schönes Cylinderepithel repräsentirt war. Von der Fläche aus gesehen, stellt es ein zierliches Mosaik vor.

Die Verbindung der Epithelzellen scheint anfänglich mit der Follikelwand inniger zu sein als später; sie erscheinen hier auch abgeplattet, während die gegen den Dotter gerichtete Fläche der Zellen immer gewölbt ist. Bei allen Vögeln zeigt das Epithel lange prismatische Zellenformen, wenn der Dotter $^1/_3$ des definitiven Durchmessers erreicht hat. Zugleich trübt sich damit der Zelleninhalt, und der Kern erscheint mehr länglich, oval. Immer bleibt aber die Schichte einfach, und alle Theilungen der Zellen sind Längstheilungen.

Unter den Reptilien fand ich beim Kaiman in Eiern von 2''' eine einfache Lage niedrig cylindrischer Zellen vor (Fig. 10 b), deren Länge die Dicke wenig übertraf. Die Kerne sind von ansehnlicher Grösse, alle mit einem hellglänzenden Körperchen (Nucleolus!) versehen. Auch bei grösseren Eiern traf ich die Epithelschichte noch einfach, und immer zeichnete sich das Epithel durch inniges Zusammenhalten der Zellen aus, so dass grössere Stücke der Lage leicht für sich dargestellt werden konnten. Mehr rundlichere Formen besitzen die Zellen bei der Eidechse (Fig. 13 b), sie liegen zugleich weniger regelmässig, so dass grössere und kleinere, nebeneinander vorkommend, sich mehrfach übereinander schieben; bei Eiern von 2''' habe ich solche theilweise Mehrschichtigkeit des Epithels bestimmt gesehen. Besonders ausgezeichnet sind die Kerne, die helle, einen grossen Theil der Zelle erfüllenden Bläschen darstellen, und erst bei Behandlung mit Essigsäure sich schärfer abgränzen (Fig. 14). Hier, wie auch bei der Natter (Fig. 15 b), ist die eigentliche Zellmembran nur sehr schwer unterscheidbar, und ohne Reagentien ist auch der Kern höchst undeutlich sichtbar, so dass man leicht ein in jedem Kerne be-

findliches stärker lichtbrechendes Tröpfchen, das zuweilen auch doppelt vorhanden ist, für den Kern halten könnte.

Bei den Selachiern ist die einfache Epithellage jüngerer Stadien durch den körnigen Inhalt der Zellen ausgezeichnet. Die Zellen sind platt, etwas breiter als dick. Besonders auffallend ist dies bei *Raja* (Fig. 16 b). Grössere Eier, von $^1/_2$''' an, zeigen cylindrische Zellenformen, jedoch bei weitem nicht so regelmässig als bei den Vögeln. Die Cylinder sind von ansehnlicher Länge, und bilden auch kein ganz einfaches Stratum, da, wie ich bei *Acanthias* fand, zwischen einzelne, die Gesammtdicke durchsetzende, noch kürzere Zellen von Spindelform sich einschieben (vgl. Fig. 17 b); das Verhalten der Epithelzellen hat so einige Aehnlichkeit mit dem gewisser Darmepithelien.

Ueber die ferneren Schicksale dieser Epithelzellen habe ich beim Vogeleie einige nicht unwichtige Thatsachen gefunden. Die Form der Epithelzellen besteht nämlich bis zur völligen Reife des Eies nicht gleichmässig fort, und Eier, die der Reife nahe sind, besitzen im Follikelepithel keine langgezogenen Cylinderzellen mehr, sondern solche, die entschieden kürzer und gedrungener gestaltet sind. Man vergleiche die in Fig. 2 b und Fig. 5 dargestellten Epithelzellen vom Huhne; der Zelleninhalt ist dabei trüber geworden, und ein vermehrtes Auftreten feiner Molekel macht ihn fast undurchsichtig, so dass nur noch der Raum, den der Kern einnimmt, als eine hellere Stelle erscheint. Durch diese Vorgänge erhält die ganze Epithellage ein mehr weissliches Aussehen. Allmälig lockert sich der Zusammenhang zwischen den einzelnen Zellen, und sie nehmen eine sphärische Gestalt an (Fig. 6), bis endlich unter Vermehrung der Körnchen und mit dem Auftreten der Fetttröpfchen die Zellen nur noch den Kern umgebende Körnchengruppen darstellen (Fig. 7). So habe ich es beim Huhne continirlich verfolgt, auch beim Bussard und der Elster gesehen. Der ganze, zweifelsohne als Fettmetamorphose des Follikelepithels sich herausstellende Vorgang, führt offenbar zu einer leichteren Trennung des Eies von dem Follikel, und muss als eine den Austritt des Eies aus der Theca befördernde Erschei-

nung angesehen werden. Nach dem Austritte eines Eies bemerkt man auch im Calyx jedesmal die Reste des Epithels als eine weissliche, rahmähnliche Masse, deren Elementartheile wieder den obenerwähnten und Fig. 7 dargestellten ähnliche Körnchenhaufen sind.

In wiefern dieser Vorgang eine weitere Verbreitung besitzt, namentlich bei Reptilien und Selachiern sich findet, muss ich dahin gestellt sein lassen, soviel aber ist sicher, dass a priori kein Grund besteht zur Annahme, dass bei dem gleich construirten Follikelinhalte dem Austreten des Eies auf eine andere als auf die genannte Weise Vorschub geleistet werde. Für die Selachier möchte ich nur das noch anführen, dass bei Eiern, die wegen ihrer Grösse sich als reife annehmen liessen, die langen Spindel- oder Cylinderzellen ausserordentlich weich und hinfällig waren, so dass eine ähnliche Auflösung wie bei den Vögeln zu erwarten stand.

Ausser den Veränderungen des Epithels finden wir solche noch am Follikel. Es liegt nicht in meiner Absicht, alle die mit der Entwickelung des Eies am Follikel eintretenden Bau- und Gewebsveränderungen anzuführen, von denen ich vor Allem die Bildung grossartig erweiterter Capillarnetze und fast wundernetzartig geformter Venengeflechte zu nennen hätte, sondern ich will nur die dicht aussen am Epithel liegende Follikelschichte in Betracht ziehen. Bei allen Eiern aus jüngeren Stadien wird der Follikelraum durch einfach faseriges Bindegewebe abgegränzt. Sobald bei Vögeln die Bildung von Dotterbläschen erfolgt, ist nach aussen vom Epithel eine besondere Gränzmembran an der Bindegewebsschichte gebildet, die man zuweilen mit dem Eie aus dem Follikel lösen kann. Von einem $^{3}/_{4}'''$ grossen Sperlingseie habe ich in Fig. 1 a diese Membran abgebildet, wie sie, an einer Stelle geborsten, das zum Theil noch von cylindrischem Follikelepithel umhüllte Ei austreten lässt. Auch bei der Krähe und dem Huhne habe ich sie gefunden, und sie dürfte wohl auch bei anderen nicht vermisst werden. Bei der Krähe ist sie nicht völlig structurlos, denn einzelne in regelmässigen Abständen lagernde spindelförmige Verdickungen nehmen sich ganz so aus wie eingelagerte Kerne.

Mit dem Wachsthume des Eies gewinnt die Gränzmembran an Dicke, und nimmt beim Huhne, wo ich sie genauer verfolgt habe, elastische Eigenschaften an. Am reifen Follikel erscheint sie mit einem Durchmesser von 0,0004—0,0005'''. Sie hängt da sehr fest und innig mit der Follicularwand zusammen, und bleibt nach dem Bersten der Theca im Calyx zurück, wo sie eine in zahllose bizarre Faltungen gelegte Membran bildet, die nicht schwer sich abpräpariren lässt. Ihre Färbung ist gelblich, ihre Elasticität leicht nachweisbar, ihre Dicke um's Doppelte gewachsen. Die elastische Beschaffenheit dieser Membran kann gleichfalls als ein die Ablösung des Eies beförderndes Moment angesehen werden, wenn man sich vorstellt, dass sie von der Rissstelle aus über den Dotter hinweg sich gegen den Stiel der Theca zu zusammenzieht, und so die Wand des Follikels über dem Eie zurückzieht, wobei die schon in der Auflösung begriffene Epithelschichte der Lösung des Zusammenhanges kein Hinderniss mehr setzt.

Wenn ich die Resultate vorstehender Untersuchung zusammenfasse, so möchte ich sie in Folgendem wiedergeben:

1) An der Zusammensetzung des Dotters der Eier mit partieller Furchung betheiligen sich die Epithelzellen des Follikels in keiner Weise. Sie bilden vielmehr eine von der Oberfläche des Dotters scharf abgegränzte Schichte.

2) Ebensowenig besteht zu irgend einer Zeit eine besondere Epithelschichte unter der Dotterhaut.

3) Der Dotter enthält niemals Zellen; die sogenannten „Dotterzellen“ sind nur Umbildungsproducte der schon sehr frühe vorhandenen Molekel und Körnchen.

4) Der sogenannte „Nahrungsdotter“ ist das Product einer weiteren Entwickelung des Dotterbläschen; der sogenannte „Bildungsdotter“ wird durch jüngere Dotterelemente repräsentirt, die den früheren Zuständen des gelben Dotters entsprechen.

5) „Keimflecke“ können nicht als integrirende Bestandtheile des Eies betrachtet werden.

6) Die „Dottermembran" entsteht durch Umwandlung der äussersten Schichte des Dotterprotoplasma.

7) Die Eier der Wirbelthiere mit partieller Furchung sind somit keine wesentlich zusammengesetzteren Gebilde als die der übrigen Wirbelthiere, sie sind nichts Anderes als zu besonderen Zwecken eigenthümlich umgewandelte kolossale Zellen, die aber nie diesen ihren Charakter aufgeben. —

Dadurch wird der Gegensatz, den man zwischen den Eiern der Säugethiere und Amphibien einerseits und jenen der Vögel und Reptilien andererseits erhob, und von dessen Annahme auch ich mich nicht freisprechen darf (vgl. meine Vergl. Anat. S. 593 Anmerk.), vollständig aufgehoben. Das Ei des Vogels ist, wie das eines Säugethiers, eine Zelle, die Keimzelle. Nur die Follikelverhältnisse sind etwas verschieden, wenn sie auch ursprünglich bei Allen völlig gleich sind. Beim Säugethier wächst der Follikel, ohne dass das Eichen damit gleichen Schritt hielte. Es wuchert das anfänglich wie beim Vogel etc. einfache Epithelstratum und im Centrum des Follikels entsteht ein mit Fluidum sich füllender Hohlraum. Das relativ klein bleibende Ei, das sich auch bezüglich seiner inneren Verhältnisse nur wenig von seinen frühesten Zuständen entfernt, bleibt der Wandung des Follikels nahe in die Epithelschichte gebettet. Beim Vogel, Reptil und Selachier ist es die Epithelschichte, die bei ihren früheren Zuständen beharrt, zwar ihre Elemente etwas verändert, sie beträchtlich vermehrt, immer jedoch eine einfache Zellenlage darstellt. Dagegen wächst mit dem kolossal sich vergrösserndem Follikel gleichmässig das Ei, und seine Inhaltstheile sind es, die Veränderungen eingehen, aus Körnchen zu Bläschen werden mit vielfältig verschiedenen Contenten. Vermittelnd zwischen beiden Formen halten sich Knochenfische und Amphibien, bei denen weder jene mächtige Vergrösserung der Eizelle, noch jene Wucherung des Follikelepithels gegeben ist.

Aber der Furchungsprocess, die erste Bildung der Embryonalzellen, ist doch in beiden Abtheilungen so beträchtlich verschieden? Bei der Einen wird das ganze Eimaterial in Zellen

zerlegt, bei der anderen nur ein relativ sehr geringer Theil, indem die an der Oberfläche von der gesammten Eizelle sich abschnürenden Zellen gegen die Masse des zusammenbleibenden Dotters unansehnlich ist. Diese bis jetzt nur beim Huhne durch Coste und bei den Schildkröten durch Clark in Agassiz's Werke bekannt gewordene partielle Dottertheilung ist jedoch keineswegs so sehr gegen die totale contrastirend. Man kann sagen, dass wir auch hier, wie so oft, die Extreme vor uns haben, und dass die Folgezeit die Verbindungen, die durchaus nicht ausserhalb des Reiches der Wahrscheinlichkeit liegen, aufdecken wird. Etwas Vermittelndes ist schon längst bekannt, es findet sich in dem Furchungsprocesse des Amphibieneies. Wir sehen da die eine, kleinere Hälfte des Eies in rascherer Theilung, energischer im Aufbaue von Embryonalzellen begriffen als die andere grössere Hälfte, die mit ihren Segmentationen nur langsam folgt, und schliesslich von der ersteren überwachsen wird. So ist es auch bei *Petromyzon* durch Max Schultze bekannt geworden. Die rascher sich in kleine Zellen umwandelnde Partie des Eies stellt offenbar den sogenannten Bildungsdotter des Vogel- u. Reptilieneies vor, die andere entspricht dem Nahrungsdotter, und so kann selbst auf dem Boden der bis jetzt bekannten Thatsachen das Band zur Vereinigung jener beiden Extreme zu einer einzigen continuirlichen Reihe gefunden werden.

Tafel-Erklärung.

Fig. 1. Eierstocksei von $^3/_4'''$ vom Sperling. a Gränzmembran des Eifollikels, b Follikelepithel, c Dottersubstanz, k Keimbläschen. Die Gränzmembran ist geborsten und lässt das Ei sammt Follikelepithel austreten. Der Epithelialüberzug ist gleichfalls an einer Stelle gerissen, und da drängt sich ein Theil des Dotters mit dem Keimbläschen vor (schwache Vergrösserung).

Fig. 2. Von einem Eie von $2^1/_2'''$ Durchmesser, vom Huhne. b Follikelepithel, c heller Saum, der zur Dottermembran wird, d Dotter.

Fig. 3. Elemente des Dotters eines $4'''$ grossen Hühnereies. Die mit vielen Körnchen und Bläschen ausgestatteten Dotterbläschen sind gelblich gefärbt, die übrigen pellucid.

Fig. 4. Gelbes Dotterbläschen aus einem grösseren Eie (Huhn).
Fig. 5. Epithelzellen eines Eies von 8''' Durchmesser (Huhn).
Fig. 6. Epithel von einem reifen Follikel.
Fig. 7. Epithelzellen in der Rückbildung.
Fig. 8. Follikel mit doppeltem Dotter (Huhn). a Bindegewebe des Eierstocks, b Epithel, c heller Rand des Dotterprotoplasma, k Keimbläschen.

Fig. 9. Eierstocksfollikel vom Wendehalse ohne Ei.

Fig. 10. Durchschnittsbild von der Peripherie eines Eies vom Kaiman. b Epithel des Follikels, c Eiweissschichte, d Dotter, f Stäbchenschichte; bei f' schräg von der Fläche gesehen.

Fig. 11. Dotterelemente des Kaiman. a, b, c, d verschiedene Bläschenformen des Dotters.

Fig. 12. Keimbläschen von einem 0,4''' grossen Eie des Kaiman.

Fig. 13. Durchschnittsbild eines Theiles der Peripherie eines 1''' grossen Eies der Eidechse. b Epithelzellen, d Dotter, c Dotterhaut.

Fig. 14. Epithelzellen von demselben nach Behandlung mit Essigsäure. k Kern, k' Glänzendes Körperchen.

Fig. 15. Durchschnittsbild von der Peripherie eines $1/2$''' grossen Eies der Ringelnatter. b Epithel des Follikel, c äusserste fast körnchenfreie Dotterschichte, bei c' in die Lücke der Epithellage vordringend.

Fig. 16. Eifollikel vom Stachelrochen. a, b, c, d, e wie bei Fig. 8.

Fig. 17. Durchschnittsbild von der Peripherie eines 3''' grossen Eierstocksfollikel vom gemeinen Dornhai. a, b, d wie bei Fig. 8. c Eiweissschichte.

Fig. 18. Dotterelemente eines 1''' grossen Eies vom Huhne. a Körnchen, mehr peripherisch gelegen, b Bläschen mit Körnchen-Inhalt.

Fig. 19. Dotterelemente eines $2^1/_2$''' grossen Eies vom Huhne.

Fig. 20. Dotterelemente vom Ei des Dornhai. a von einem 1''' grossen Ei, b von einem $3^1/_2$''' grossen, c von einem 9''' grossen Eie, d, e, f Dotterplättchen in verschiedenen Zerklüftungszuständen von einem reifen Eie.

Jena, den 16. März 1861.

Entgegnung auf Volkmann's Abhandlung: „Controle der Ermüdungseinflüsse in Muskelversuchen."

Als Nachtrag zur dritten Erwiederung, S. 248.

Von

EDUARD WEBER.

(Hierzu Taf. XII, Fig. 18.)

Da die obige Erwiederung Anfangs December des vorigen Jahres der Redaction übergeben worden war, so hat Volkmann's Abhandlung über „Controle der Ermüdungseinflüsse in Muskelversuchen", welche im Schlusshefte desselben Jahres enthalten und nach dem Anfange dieses Jahres erschienen ist, darin noch nicht erwähnt und berücksichtigt werden können.

Volkmann hat nämlich daselbst in weiterer Verfolgung des Satzes, auf den ich ihn anfangs zum Zwecke der Aufklärung seiner bekannten a- und b-Differenzen aufmerksam gemacht hatte, „es sei die Ermüdung nicht blos von der Dauer des thätigen Zustandes, sondern auch von der Grösse der Anstrengung des Muskels während desselben abhängig"[1]), auf die Ungleichheit der Anstrengung des Muskels beim Wechsel der Belastungsgewichte und die dadurch erzeugte Ungleichheit des Fortschritts seiner Ermüdung, welche durch das angewandte Compensationsverfahren nicht beseitigt werde, als eine Fehlerquelle in meinen Versuchen aufmerksam gemacht.

Da es hiernach leicht den Anschein gewinnen könnte, als hätte dieselbe Fehlerquelle, welche, wie ich nachgewiesen habe, die Ursache der bekannten Volkmann'schen a- und b-Diffe-

---

1) Siehe meine erste Erwiederung, Archiv 1858, S. 509.

renzen ist, nämlich die Störung der Regelmässigkeit des Fortschritts der Ermüdung, unter etwas anderen Verhältnissen auch in meinen eigenen Versuchen Eingang gefunden, was aber in der That gar nicht der Fall ist; so erlaube ich mir in Beziehung auf diese Arbeit noch folgende kurze Erläuterung zu geben.

Zunächst muss ich bemerken, dass die in den von Volkmann angegebenen Verhältnissen begründete Fehlerquelle von mir nicht übersehen worden ist. Ganz abgesehen nämlich davon, dass dies aus der oben angeführten Erklärung klar von selbst hervorgeht, ergiebt es sich aus der Rücksicht, die ich bei der Einrichtung meiner Versuchsreihen darauf genommen habe, den Einfluss solcher Störungen möglichst zu beschränken. Dahin gehört vor Allem die Beschränkung der Differenz der Belastungsgewichte, welche die zu messenden Dehnungsgrössen der Muskeln erzeugten, auf eine sehr geringe Grösse. Unter den als für die Untersuchung geeignet erachteten, deshalb in der Reihenfolge vorangestellten Versuchsreihen A, B, C, D, E (S. 74 meiner Abhandl. über Muskelbewegung) sind daher nur solche aufgenommen und daher auch nur zur Benutzung bestimmt worden, in denen die bezeichnete Differenz nicht mehr als 5 Gramm beträgt. Von allen anderen Versuchsreihen, in denen diese Grösse der Differenz überschritten worden war (die Reihen F, G, H, I, K, L, M), ist dagegen, ungeachtet sonst Nichts gegen sie einzuwenden war, kein Gebrauch gemacht worden und sie sind nur, weil ich das disponible Material vollständig und unausgesucht vorlegen wollte, Ersteren nachstehend beigefügt worden. Wenn Volkmann daher statt der von mir gebrauchten Gewichtsdifferenz von 5 Gramm die 4 und 6 mal grössere Differenz von 0 und 20 Gramm und von 0 und 30 Gramm (siehe S. 728 und 729) in Anwendung gebracht hat, so bezweckte er damit wohl nur die Wirkung der Fehlerquelle handgreiflicher darzustellen. — Eine zweite Rücksicht, die ich genommen, ist die Beschränkung der Zahl der Spannungsgewichte auf das dringend Nothwendige, da die aus Messungen genommenen Mittel um so unvollkommener ausfallen, je weiter die ersteren in der Reihe von einander abstehen.

Um einfach die Elasticität des Muskels zu bestimmen, sind nur zwei verschiedene Spannungsgewichte erforderlich: daher sind auch der ersten Versuchsreihe A nur diese zwei nothwendigen um 5 Gramm differenten Spannungsgewichte zu Grunde gelegt. Um aber die Elasticität des Muskels bei grösserer und geringerer Belastung desselben vergleichen zu können, sind doppelte Elasticitätsbestimmungen und daher wenigstens drei Spannungsgewichte erforderlich, wo dann aber das mittlere Spannungsgewicht für beide Elasticitätsbestimmungen zugleich benutzt werden muss: in der zweiten Versuchsreihe B sind demnach drei um je 5 Gramm differente Belastungsgewichte zu Grunde gelegt worden. Um ferner die Elasticität der Muskeln auch bei grosser Differenz der Belastungsgewichte vergleichen zu können, sind vier Spannungsgewichte nothwendig, nämlich je zwei um 5 Gramm differente Belastungsgewichte für die bei hoher und die bei geringer Belastung auszuführende Elasticitätsbestimmung, welche demnach die Versuchsreihen D und E aufweisen, deren Anordnung ohne diesen Zweck gar keinen Sinn hätte. Um endlich die Aenderung, die die Elasticität des Muskels durch die Belastung erfährt, in einer längeren zusammenhängenden Reihe von Glied zu Glied verfolgen zu können, sind in der C-Versuchsreihe ausnahmsweise möglichst zahlreiche Spannungsgewichte, welche alle gleichmässig um 5 Gramm differiren, in Anwendung gebracht worden. Es leuchtet daher ein, dass die Nachtheile der grossen Zahl von sechs Belastungsgewichten in dieser C-Versuchsreihe, nur um den obigen speciellen Zweck zu erreichen, in Kauf genommen worden sind und werden mussten, so dass die in ihr zu Mitteln benutzten Messungen allerdings bis 10 Stellen weit auseinanderliegen. Eben diese Reihe hat aber Volkmann vorzugsweise für seine Kritik benutzt.

Volkmann kommt nun durch diese seine Betrachtungen am Schlusse seiner Abhandlung zu dem Resultate:

„Es leuchtet ein, dass das von Weber vorgeschlagene (angewendete) Ausgleichungsverfahren gar keine Macht über diejenigen Ermüdungsverlängerungen hat, welche von der Zahl der

Versuche unabhängig sind. Jenes Ordnen der Versuche, durch welche man Muskellängen combinirt, deren eine von der Ermüdung um eben so viel weniger vergrössert ist, als die andere mehr vergrössert ist, als die im Mittelfalle befindliche Muskellänge, dies ist der Natur der Sache nach nur da möglich, wo die Längen mit den Versuchen und wie die Versuche wachsen. Nun tritt aber in der Ermüdungsverlängerung belasteter Muskeln ein Glied d auf, welches eine dem Einfluss der Belastungsgewichte offen stehende Seite hat, und da das Mehr und das Weniger solcher Einflüsse mit der chronologischen Folge der Versuche gar nichts zu thun hat, so kann auch das Ordnen der Versuche, mit dessen Hülfe das Ausgleichungsverfahren operirt, und hin und wieder seinen Zweck erreicht, in diesem Falle zu Nichts führen. Die Ermüdungsdifferenzen sind, insofern sie von der Verschiedenheit der Belastungsgewichte abhängen, überhaupt nicht ausgleichbar." (Siehe S. 767.)

Volkmann hat aber, indem er so über mein Compensationsverfahren abspricht, nicht durchschaut, dass dasselbe in der von ihm angezogenen Versuchsreihe nur noch nicht ganz zu Ende geführt worden ist, dass nämlich, um die Ausgleichung der Zahlenwerthe wirklich principiell zum Abschluss zu bringen, noch die zweiten Mittel genommen werden müssen, wodurch die Differenzen, an denen er Anstoss genommen, vollständig ausfallen, und demnach sich das ganze obige Raisonnement in Dunst auflöst. Es sind nämlich in den reducirten Messungstabellen (Seite 79—81 meiner Abhandlung über Muskelbewegung) zwar alle Zahlenwerthe auf gleiche Art compensirt, aber die den Ermüdungsstufen entsprechenden Reihen derselben immer abwechselnd in umgekehrter Ordnung. Während z. B. in der ersten Zahlenreihe der von Volkmann citirten C-Tabelle der Werth der Muskellänge bei 5 Gramm

Belastung unmittelbar gemessen worden ist und die Werthe der Muskellängen für die grösseren Belastungen der Reihe nach aus immer weiter von einander abstehenden Messungen ermittelt worden sind, ist dagegen in der zweiten Zahlenreihe derselben der Werth der Muskellänge bei 30 Gramm Belastung unmittelbar gemessen und die Werthe der Muskellängen für die der Reihe nach kleineren Belastungen aus immer weiter von einander abstehenden Messungen ermittelt worden und so immer abwechselnd weiter. Um die Compensation daher vollständig durchzuführen, und demnach jede principielle Ungleichartigkeit der Zahlenwerthe zu beseitigen, muss natürlich auch dieser Gegensatz der abwechselnden Reihen noch aufgehoben werden, was, wie auf der Hand liegt, ganz einfach durch die zweiten Mittel bewirkt wird, zu denen man in der Regel dann zu schreiten pflegt, wenn die ersten noch nicht schon genügten, wodurch aber, wie leicht zu übersehen ist, alle Differenzen, welche aus jener abwechselnden Umkehrung des Compensationsverfahrens in den aufeinander folgenden Reihen entspringen können, als gleiche aber entgegengesetzte Grössen, wechselseitig sich aufheben und daher verschwinden müssen. Die von Volkmann behandelten Differenzen sind aber lediglich dieses Ursprungs, daher auch, wie er selbst auseinandersetzt, in den wechselnden Reihen entgegengesetzter Grösse und verschwinden demnach, sobald man im Compensationsverfahren noch zu den zweiten Mitteln übergeht, vollständig.

Die Resultate meiner Messungsreihen werden natürlich von diesen Differenzen gar nicht berührt: denn da die zweiten Mittel nur dazu dienen, die in einer Messungsreihe enthaltenen Gesetzmässigkeiten deutlicher erkennbar zu machen, so kann die Unterlassung dieses Hülfsmittels wohl den Vorwurf begründen, ein Resultat, das die ersten Mittel noch nicht erkennen liessen, übersehen zu haben: unerhört aber wäre es, auf Grund von Differenzen, die durch die zweiten Mittel ganz ausfallen, Resultate anzweifeln zu wollen, die schon aus den ersten Mitteln völlig klar hervorgehen und also nach Beseitigung jener Differenzen in den zweiten Mitteln natürlich nur um so

glänzender hervortreten müssen. — Auch ist es übrigens sonst für diese Resultate gleichgültig, dass der Maassstab der Ermüdung sich als wachsender, nicht als gleichbleibender, herausstellt, da in denselben hierüber weder etwas ausgesagt noch vorausgesetzt ist.

Zur leichteren Uebersicht des Gesagten habe ich die auf gleiche Ermüdungsstufen reducirte C-Versuchsreihe mit den ausgeführten (durch kleineren Druck bezeichneten) zweiten Mitteln gleich nachstehend beigefügt. Natürlich entsprechen diese Letzteren auch den mittleren Ermüdungsstufen in der letzten Columne.

Messungsreihe C aus der Abh. über Muskelbew. S. 80.

No.	5 Gramm	10 Gr.	15 Gr.	20 Gr.	25 Gr.	30 Gr.	No.
	mm	mm	mm				
3.	27,1	27,0	27,0				
	26,275	25,900	25,475	mm	mm	mm	5.5
8.	25,45	24,8	23,95	22,8	21,35	18,7	
	24,625	23,650	22,325	20,350	18,225	15,825	10.5
13.	23,8	22,5	20,7	17,9	15,1	12,95	
	23,075	21,175	18,200	15,125	12,150	10,075	15.5
18.	22,35	19,75	15,7	12,35	9,2	7,2	
	21,625	18,800	13,850	10,550	7,800	6,375	20.5
23.	20,9	17,85	12,0	8,75	6,4	5,55	
	20,600	16,350	10,750	7,725	5,625	4,725	25.5
28.	20,3	14,85	9,5	6,7	4,85	3,9	
	20,000	13,550	8,375	5,875	4,200	3,400	30.5
33.	19,7	12,25	7,25	5,05	3,55	2,9	
	19,250	11,300	6,625	4,550	3,025	2,400	35.5
38.	18,8	10,35	6,0	4,05	2,5	1,9	
	18,350	9,375	5,325	3,575	2,300	1,750	40.5
43.	17,9	8,4	4,65	3,1	2,1	1,6	
	17,575	7,925	4,350	2,500	1,900	1,450	45.5
48.	17,25	7,45	4,05	1,9	1,7	1,3	

Zugleich benutze ich die Gelegenheit, diese Messungsreihe, welche Volkmann so schwer verunglimpft hat, auf Taf. XII Fig. 18 graphisch darzustellen, wobei die Belastungsgewichte durch die Abscissen, die Muskellängen durch die Ordinaten[1]) ausgedrückt sind, und glaube, dass auch der strengste, aber sachverständige und unparteiische Kritiker mit den Leistungen

1) Das Liniennetz repräsentirt daher in Ersteren das Grammgewicht, in Letzteren das Millimetermaass.

dieser Messungsreihe völlig zufrieden sein wird, zumal wenn er die ausserordentliche Variabilität und Vergänglichkeit der zu messenden Kraft und auch die Einfachheit der mir damals zu Gebot gestandenen Versuchsapparate in Erwägung zieht, da sich die Einflüsse der Belastung und der Ermüdung auf die Dehnung des Muskels in der That so glatt und deutlich ausgedrückt haben, wie man es nur irgend erwarten konnte. Ob aber ein aus derselben berechnetes Gesetz sich, wie Volkmann (siehe Archiv 1858 S. 222) versucht hat, gleichfalls mit Vortheil geometrisch darstellen lässt, ist, da es von dessen Beschaffenheit abhängt, nicht meine Sache zu vertreten, sondern des Darstellers. Die Zahlenwerthe der berechneten Tabelle (S. 114 meiner Abhandlung) wenigstens zeigen einen sehr deutlichen gesetzlichen Zusammenhang, namentlich auch durch die sehr auffällige diagonal verlaufende Stellung der deshalb auch unterstrichenen Maximalgrössen der Columnen. Vielleicht hat aber derselbe gerade in dem negativen Erfolge des Versuchs seine Befriedigung gefunden, da jene graphische Darstellung ausgesprochener Maassen zu zeigen bestimmt war nicht, was die Versuchsreihe leiste, sondern was sie nicht leiste.

Dass ich mich aber endlich in meiner Abhandlung mit den ersten Mitteln begnügt habe, ungeachtet sich die Resultate aus den zweiten noch reiner und eleganter herausgestellt haben würden, hat einen sehr einfachen und natürlichen Grund. Da mir nämlich während der Herausgabe der Abhandlung das Material unter den Händen noch immerfort anwuchs, und ich deshalb mit dem Drucke, der mich eingeholt hatte, in's Gedränge kam, so habe ich das Capitel über die Elasticität der Muskeln überhaupt sehr abkürzen müssen. Die Berechnungen der Muskelelasticität aus den einfacheren Messungsreihen haben daher, weil sie noch unvollendet waren, ganz wegbleiben müssen, und es haben nur die Elasticitätsberechnungen gerade aus der allercomplicirtesten Messungsreihe C, weil sie bereits vollständig ausgeführt vorlagen, mitgetheilt werden können, gewissermaassen nur als Schema meiner Behandlungsweise dieser Aufgabe überhaupt: die Berechnungen dieser letzteren waren

aber auf die ersten Mittel gegründet worden und hätten zum Zwecke der Benutzung der zweiten Mittel erst ganz von Neuem ausgeführt werden müssen.

Somit glaube ich gezeigt zu haben, dass Volkmann's Bemühungen, die Mangelhaftigkeit und Unbrauchbarkeit meiner Bemühungen nachzuweisen, auch diesmal ganz fruchtlos geblieben sind. Gewiss wäre es dankenswerth, wenn er versucht hätte, noch bessere als meine immerhin der Vervollkommnung fähigen Messungen zu Stande zu bringen, und so aus verbesserten Elementen noch schärfere und vollkommnere positive Resultate zu erzielen, als es auf den ersten Anlauf vor 15 Jahren möglich gewesen ist: allein Volkmann ist stets nur auf blos negirende Resultate immer und immer wieder erfolglos ausgegangen. — So fruchtlos mir aber auch der ganze Streit immer erschienen ist, so habe ich doch geglaubt, wenigstens einen nicht unerheblichen Schaden desselben durch Aufdeckung der Blössen der Opposition vorbeugen zu müssen, weil, wenn ich still geschwiegen hätte, bei Vielen die Vorstellung entstanden sein würde, es sei überhaupt auf diesem Felde wegen der verwickelten Natur der Verhältnisse Nichts zu machen.

Zur Berichtigung.

Seite 257 Zeile 10 sind nach dem Absatze vor den Worten: „die Anstrengung" die Worte einzuschalten: „Um diese Schlussfolgerung zu rechtfertigen, schritt er zu folgender, mit sich selbst in Widerspruch befindlichen Hypothese:".

Seite 248 Zeile 20 lies „heben" statt „haben",
- 255 - 15 und 17 lies „Untersuchung" statt „Darstellung".
- 259 - 21 lies „endlich" statt „nämlich".
- 264 - 41 lies „Aenderung" statt „Anordnung".
- 267 - 30 lies „jene" statt „eine"

Beitrag zur Kenntniss der *Gephyrea*.

Von

Dr. Ed. Claparède zu Genf.

(Hierzu Taf. XII Fig. 1—11).

Während meines Aufenthaltes auf der schottischen Küste im Spätsommer 1859 hatte ich Gelegenheit, zwei Würmer aus der Abtheilung der *Gephyrea* zu untersuchen, welche sich beide als neue Species herausgestellt haben. Es weichen dieselben durch die innere Organisation von einander sehr bedeutend ab, und es scheint mir, als ob manche anatomische Verhältnisse derselben nicht ohne Interesse sein dürften. Allerdings hat die Anatomie der Sipunculoiden durch die Untersuchungen von Grube, Peters, Krohn, Quatrefages, Müller, Schmidt, Lacate-Datleiers, und neuerdings wiederum durch die noch sehr unvollständig bekannt gemachten Beobachtungen von Ehlers und Keferstein[1]) bedeutende Fortschritte gemacht. Allein wir sind auf diesem Gebiete noch nicht so weit gekommen, als dass nicht jeder Beitrag zur Erweiterung unserer anatomischen Kenntnisse über diese so eigenthümlich dastehende Ordnung der Annulaten willkommen sein sollte.

Die erste Art wurde mitten im Auftriebe des kleinmaschigen Netzes bei der pelagischen Fischerei in Lamlash-Bay zwischen Holy Island und Arran, also im Firth of Clyde aufgefunden. Dieser Wurm ist sehr klein, der kleinste sogar unter allen bis jetzt beschriebenen Sipunculoiden, da seine Länge kaum über 1 Millimeter beträgt. Merkwürdiger Weise war die ganze Leibesoberfläche mit einem Wimperüberzug besetzt.

---

1) Nachrichten von der G.-A.-Universität und der K. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. November 13, 1860.

Diesem Umstande ist wohl das seltsame Vorkommen des Wurmes zuzuschreiben, welcher, wie schon angedeutet, auf der Oberfläche des Meeres frei schwimmend angetroffen wurde.

Der Körper des Wurmes (Fig. 1) ist beinahe cylindrisch, mit einem kurzen, wulstigen Halstheile und einem schräg aufgesetzten Tentakelkranz. Am hinteren Ende ist eine kleine blasige Auftreibung bemerkbar, welche den seltsamen, weiter zu beschreibenden, herzartigen Apparat birgt (Fig. 1 g). Die vom Tentakelkranze umgebene Mundöffnung (Fig. 3) führt unmittelbar in einen cylindrischen, musculösen, sehr breiten Pharynx (Fig. 1 a), der in einen geräumigen Magen (Fig. 1 b) mündet. Es erstreckt sich dieser Magen bis zum hinteren Leibesende, wo er am breitesten erscheint. Seine Wandung ist braun gefärbt. Vom hinteren Magentheile entspringt ein zuerst birnförmig anschwellender, dann röhrenförmig werdender Darm (c), welcher vorne auf dem Rücken, dicht hinter dem Tentakelkranze, nach aussen mündet (d).

Das Gefässsystem bildet ein völlig geschlossenes, mit rothem Blute erfülltes Röhrensystem. Die Farbe des Blutes rührt nicht von der Blutflüssigkeit selbst, sondern von kleinen zelligen Körperchen (Fig. 4) her, wie dies schon von Herrn Rouget[1]) bei anderen Gephyreen (*Sipunculus nudus*, *Sip. communis*, *Sip.* [*Aspidosiphon Dies.*] *clavatus* etc.) beobachtet wurde. Das Gefässsystem besteht aus einem Bauch- (Fig. 1 e) und einem Rückengefässe (f), die vorn durch eine einzige grössere Schlinge in einander übergehen. An der Uebergangsstelle im hinteren Leibesende sieht man eine grosse Anzahl kleiner, blindgeschlossener, gefässartiger Anhängsel (Fig. 2), die in die Gefässschlinge münden. Diese höchst contractilen, mit Blut erfüllten Organe stellen einen herzartigen Apparat dar. Jeden Augenblick sieht der Beobachter einen oder mehrere Schläuche sich lebhaft zusammenziehen und zwar so, dass das Lumen sich verengt, während sich zugleich der gefässartige Schlauch

---

1) V. Rouget, note sur l'existence de globules du sang colorés chez plusieurs espèces d'animaux invertébrés. Journal de la physiologie etc., 1859, p. 660.

beinahe bis zum Verschwinden verkürzt. Durch das äusserst lebhafte Spiel dieser Organe wird das Blut in Bewegung gesetzt, und zwar so, dass es im Rückengefässe vom Schwanz- zum Kopfende und im Bauchgefässe umgekehrt fliesst.

Ein solcher Apparat steht in der Abtheilung der Sipunculoiden bis jetzt ganz vereinzelt da und ich wüsste kaum demselben eine gleiche Bildung bei anderen Thieren zur Seite zu stellen. Ob vielleicht die sogenannten respiratorischen Anhängsel am Hinterleibe von *Priapulus* einen ähnlichen Apparat bergen?

Die Leibeshöhle des Wurmes ist mit einer farblosen Flüssigkeit erfüllt, worin zahlreiche, sowohl runde als längliche Körperchen (Fig. 5) schwimmen.

Auf der Bauchseite, von der Flüssigkeit der Leibeshöhle umspült, wenn schon der Leibeswand angewachsen, beobachtete ich ein pechschwarzes rundliches Organ (Fig. 1), worin rundliche, farblose, bei 300maliger Vergrösserung (Fig. 6) leicht erkennbare Körperchen eingebettet waren.

Möglicher Weise war dieses Wesen noch nicht ausgebildet. Es sprechen wenigstens sowohl das Flimmerkleid wie die Abwesenheit von geformten Geschlechtsproducten dafür.

Die zweite mir vorgekommene Art wurde bei Ebbezeit in einer Felsenritze am Ufer bei Kilmore (Sky) am Sound of Steat entdeckt. Sie gehört, wie die vorige, zu den kleinsten bis jetzt beobachteten, da sie im geschlechtsreifen Zustande eine Länge von nur wenigen Millimetern erreicht. Sie ist birnförmig gestaltet (Fig. 7) und mit einem tentakellosen Rüssel versehen. Die Haut ist mit kleinen flachen Warzen (Fig. 10 bei 250maliger Vergrösserung) besetzt, deren jede in der Mitte eines viereckigen Feldes sitzt. Diese Warzenbildung ist namentlich am Halse sehr ausgeprägt. Die subcutane Musculatur besteht überall zuerst aus einer dicht unter dem Corium gelegenen Schicht Querfasern und darauf nach innen zu folgt eine Schicht Längsfasern.

Der Darmkanal ist äusserst verwickelt, eine Eigenthümlichkeit, die bekanntlich auch anderen Sipunculoiden zukommt. Auf der Fig. 8, welche den mittelst des Compressorium flach-

gedrückten Wurm darstellt, ist der ganze Verlauf des Darmkanales, da die auf einander folgenden Abschnitte desselben durch eine Reihe von Buchstaben (*a* bis *m*) bezeichnet sind, leicht zu verfolgen. Man ersieht aus dieser Zeichnung, dass dieser Speisekanal an zwei von einander sehr entfernten Stellen (*cd* und *i*) magenartig erweitert ist. Die eine Hälfte der ersten Erweiterung zeigt eine tief braun gefärbte Wandung, als ob dieselbe zugleich als Leber fungirte. Der zweite Magen enthielt mehrere wurmförmige, plattgedrückte, 0,078 Mm. lange, sich langsam hin und her schlängelnde Schmarotzer, die ich gern für Gregarinen gehalten, wenn ich nicht den sog. Kern bei denselben vermisst hätte. Vielleicht waren dieselben sehr unvollständig gebildete Larven von Nematoden. — Der ganze Darm des *Sipunculus* flimmert auf der Innenfläche. Der After liegt an der Basis des Halstheils.

Das einzige von mir untersuchte Individuum enthielt zahlreiche in der Flüssigkeit der Leibeshöhle frei schwimmende Eier. Ehlers und Keferstein haben neuerdings — trotz der entgegengesetzten Angabe Krohn's — behauptet, *Sipunculus nudus* sei ein Zwitter. Bei meinem Wurme indessen habe ich Nichts wahrgenommen, was mich auf die Vermuthung hätte bringen können, dieses Individuum sei etwas anderes als ein Weibchen. Die Eier bilden sich in einem doppelten, flachen Organ (Fig. 8 o), das zwischen den Darmwindungen unweit vom After liegt. Es wird dasselbe sowohl am Darme, wie auch — so schien es mir — an der Leibeswand durch ein mit zahlreichen Zellkernen besprenkeltes Mesovarium befestigt. Die kleinen Eier fallen, wahrscheinlich durch einfaches Ablösen vom Eierstock, in die Leibeshöhle, wo sie allmählig bis zu einer ansehnlichen Grösse (0,28 Mm.) anwachsen. Die Flüssigkeit der Leibeshöhle enthält ausserdem zahlreiche, farblose, im Durchschnitt 0,17—0,28 Mm. breite, scheibenförmige Körperchen (Fig. 9).

Trotz der grössten Aufmerksamkeit konnte ich keine Spur von Gefässen entdecken. Das Nervensystem ist mir nicht klar geworden.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Der *Sipunculus* aus Lamlash Bay, circa 150 Mal vergrössert. a Rachenhöhle, b Magen, c Darm, d After, e Bauch, f Rückengefäss, g der den herzartigen Gefässapparat enthaltende Anhang, m pechschwarzes unerklärtes Organ.

Fig. 2. Hinteres Ende desselben, um den contractilen Gefässapparat bei stärkerer Vergrösserung zu zeigen.

Fig. 3. Vorderes Ende desselben mit der Mundöffnung und dem Tentakelkranz.

Fig. 4. Blutkörperchen desselben, Vergr. 250.

Fig. 5. Körperchen aus der Leibeshöhle, Vergr. 250.

Fig. 6. Farblose Körperchen mitten in der dunklen Grundsubstanz aus dem räthselhaften Organ, Vergr. 250.

Fig. 7. Der *Sipunculus* aus Kilmore (Sky), natürliche Grösse.

Fig. 8. Derselbe comprimirt und vergrössert. a bis m Speisekanal, o Eierstock, p in der Leibeshöhle frei schwimmende Eier.

Fig. 9. Körperchen aus dessen Leibeshöhle, Vergr. 250.

Fig. 10. Ein Stück Haut vom Halse desselben, Vergr. 250.

Fig. 11. Ein im Magen des *Sipunculus* lebender Schmarotzer, Vergr. 500.

Ueber *Polydora cornuta* Bosc.

Von

Dr. Ed. Claparède zu Genf.

(Hierzu Taf. XIII Fig. 12—17).

Bei einem Aufenthalte in Kilmore, unweit des Schlosses Armadale (Sky), im Spätsommer 1859, bin ich mehrmals bei Ebbezeit auf einen interessanten Borstenwurm gestossen, der unter dem Geschiebe am Gestade häufig vorzukommen scheint. Dieses 1 ½ Centimeter lange Wesen richtet sich bei jedem Angriff sogleich in die Höhe und zwar so, dass es nur mittelst des hintersten Endes — etwa wie ein Egel mittelst seines Saugnapfes — dem Steine aufsitzt. Trotz dieses seltsamen Gebahrens ist dieses Geschöpf ein der Familie der *Spioidea* angehöriger Borstenwurm, der mit der *Polydora cornuta* Bosc generisch ganz gewiss und wahrscheinlich sogar specifisch identisch ist.

Bosc beobachtete seinen Wurm auf der Küste vom Staat Carolina, und es ist derselbe, so viel mir bekannt, von Niemandem seitdem beobachtet worden. Bosc's Figur[1]) ist nicht

---

1) V. Bosc, Histoire naturelle des vers. Paris, an X, Tome I, p. 150.

zu erkennen, und wenn schon seine Beschreibung sehr sorgfältig und genau ist, erscheint es mir dennoch nöthig, seine Angaben in mancher Beziehung zu vervollständigen oder wenigstens zu erweitern.

Die Aricieen besitzen durchgängig einen nur schwach bewaffneten Mund. *Polydora* insbesondere ermangelt jeder Mundbewaffnung und sogar eines ausstülpbaren Rüssels. Die Mundöffnung stellt eine unter dem Kopfe zwischen drei Lippen gelegene Spalte dar. Die beiden hinteren Lippen (s. Fig. 12) convergiren wie die Schenkel eines lateinischen V gegen einander, und begrenzen in dem Winkel den Eingang in den Rachen.

Die Oberlippe wird vom vorderen Kopftheil gebildet, der nach vorn zu einen eckigen Vorsprung bildet. Die Hinterlippen sind wulstig und können sich nach auswärts zurückschlagen.

Auf der Rückseite des Kopfes (Fig. 13) fallen dem Beobachter vier kleine Augenpunkte sogleich auf. Es bilden dieselben ein Viereck, an dessen Seiten links und rechts zwei dicke, sehr contractile Tentakeln entspringen, die sich bis zum Viertel der Gesammtlänge des Thieres ausdehnen können und beinahe ein Drittel der Dicke des Leibes im Durchmesser erreichen. Diese ausserordentlich biegsamen Organe werden bald geschlängelt bald spiralig zusammen gewunden. Es scheint mir wahrscheinlich, dass sie als Kiemen fungiren, wenigstens enthalten sie ein Gefäss und sind dieselben wie die eigentlichen Kiemen, nur auf der Seite, welcher das Gefäss aufliegt, stark beflimmert. Das Gefäss ist einfach, endigt blind, und es schwankt das Blut hin und her in demselben.

Ich zählte in den Polydoren aus den Hebriden bis 61 Segmente, während Bosc bei den Exemplaren aus Charleston nur 24 zählte. Im vorderen Leibestheil trägt Jedes mit der Ausnahme des fünften zwei Paar Höcker oder Zapfen, deren oberstes (Rückenpaar) länger ist und die rudimentäre Kieme darstellt. Jede Kieme enthält eine einfache Gefässschlinge ohne Verästelung. Die dem Gefässe entsprechende Seite dieses Rückenhöckers trägt lange flimmernde Wimpern. Dem fünften Segment fehlen, wie gesagt, sowohl die Rücken- wie die Bauch- oder Fusshöcker. Im mittleren Theile des Leibes verkümmern die beiden Höckerpaare allmählig und vom 25. Segment an wird keine Spur derselben mehr angetroffen. Jedes Segment mit Ausnahme des ersten und hintersten trägt 2 Paar Borstenbündel im Rücken- und im Bauchpaar. In allen Segmenten sind die Rückenborsten einfach pfriemenförmig und zwar zu je 5 oder 6 vereinigt. Im fünften Segment allein sind die Rückenborsten ganz anders beschaffen. Die Bauchborsten der sechs vordersten Leibesringe sind ebenfalls pfriemenförmig (Fig. 16); vom siebenten Segmente an sind dagegen die Bauchborsten ha-

kenförmig und zwar mit drei Widerhaken versehen und gewöhnlich zu je 5 vereinigt (Fig. 15 und 15a).

Der fünfte Leibesring ist viel länger als die anderen und bietet jederseits eine tiefe Tasche, worin sehr eigenthümliche Borsten enthalten sind, die als Rückenborsten angesehen werden müssen. In jeder Tasche besteht das Borstenbündel aus sechs dicken Haupt- und aus drei oder vier rudimentären Nebenhaken. Es unterscheiden sich diese Haken von den Bauchhaken der folgenden Ringe sowohl durch ihre Gestalt, als durch ihre viel ansehnlichere Länge und Dicke. Einem jeden Haken liegt eine dünne Borste dicht an, der mit einer flachen Ausbreitung frei endigt. Eine gleiche überzählige Borste liegt vor dem ganzen Bündel (Fig. 17). Diese eigenthümliche Bewaffnung, sowie auch der Mangel der Rücken- und Fusshöcker, deuten auf eine eigene Function dieses ausserdem ansehnlich grösseren fünften Leibesringes. Vielleicht übernimmt derselbe irgend eine Rolle bei der Paarung beider Geschlechter. Diese Eigenthümlichkeiten sind Bosc nicht entgangen, da derselbe sagt: „Le 5ème anneau n'a ni houppes, ni pédoncules, mais une espèce de nageoire placée en dessous et formée de poils."

Eine letzte Eigenthümlichkeit der *Polydora* verdient eine ganz besondere Aufmerksamkeit. Das hinterste Segment bildet eine schwarz gefärbte, wulstige Scheibe, die dem Thiere als Saugnapf zur Anheftung an fremde Gegenstände dient. Dieser Saugnapf steht etwas schief, so dass er, von der Seite betrachtet, einem Pferdehuf ähnelt (Fig. 14). Seine Concavität sieht nach dem Rücken zu. Auch diese Eigenthümlichkeit hat Bosc schon gesehen, da er Folgendes schreibt: „Queue terminée en un demi-cercle supérieur et musculeux par lequel l'animal s'attache aux corps extérieurs en absorbant l'air."

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 12. Vordertheil der *Polydora cornuta* Bosc, von unten gesehen. Mässige Vergrösserung.

Fig. 13. Kopftheil derselben, von oben gesehen. o Tentakelgefäss.

Fig. 14. Hintertheil von derselben. Seitliche Ansicht.

Fig. 15. Ein Bauchborstenbündel mit einem drüsigen Organ, welches an jedem Bündel vom 7. bis zum 15. Segment vorkommt.

Fig. 15a. Die Borsten desselben Bündels, stärker vergrössert.

Fig. 16. Pfriemenförmige Borsten, wie sie an den Rücken- und an den 6 ersten Baachbündeln vorkommen.

Fig. 17. Rückenborsten des 5. Leibessegmentes.

Ueber den Faserstoff und die Ursachen seiner Gerinnung.

Von

Dr. Alex. Schmidt zu Dorpat.

So zahlreich die Untersuchungen sind, die man zur Beantwortung der uralten Frage nach Ursache und Wesen der Gerinnungsvorgänge angestellt hat, so wenig sichere Erfolge haben sie der Wissenschaft zu liefern vermocht. Es fehlt zwar nicht an Theorieen der verschiedensten Art, aber keine von ihnen hat sich einer allgemeinen Anerkennung und Annahme zu erfreuen gehabt, weil es keiner einzigen möglich gewesen ist, sich, wenigstens die Hauptpunkte anlangend, über das Niveau der Hypothese zu erheben und das zahllose Heer der sich gegen sie erhebenden Widersprüche zu zerstreuen. In neuerer Zeit ist es zwar Brücke gelungen, wichtige einschlägige Thatsachen zu constatiren, aber dieselben beziehen sich nur auf die negative Seite der Frage; wir erfahren durch sie, was die Gerinnung innerhalb des Körpers behindert, ohne freilich von der Natur der hemmenden Kräfte eine Ahnung zu besitzen, aber wir erfahren nicht, wodurch sie ausserhalb des Körpers bewirkt wird. Hier sich bei der Anschauung beruhigen, dem präexistirenden Faserstoff inhärire nun einmal als ursprüngliche Eigenschaft die Fähigkeit und das Bestreben aus dem flüssigen Aggregatzustande spontan in den festen überzugehen, hiesse sich neuen Hypothesen in die Arme werfen. Es blieb immer des Versuches werth, zu ermitteln, ob die Frage nicht auch ihre positive Seite hat, ob es nicht ausserhalb des Faserstoffes ein wirksames Princip giebt, das seine Ausscheidung verursacht und wo dasselbe zu suchen ist.

Wenn alle bis jetzt zur Ergründung der Gerinnungsphänomene eingeschlagenen Wege nicht zum Ziele geführt haben, so ist es erlaubt, neue zu versuchen, auch wenn man dabei Nichts als Vermuthungen für sich hat und auf die Gefahr hin, bald wieder umkehren zu müssen. Die Ergebnisse meines Versuches will ich im Nachstehenden der Wissenschaft anheimgeben; ich erkläre zum Voraus, dass ich noch weit von der Lösung des Räthsels entfernt bin, dass mir dieselbe in mancher Beziehung jetzt noch mehr als früher in die Ferne gerückt zu sein scheint; aber ich hoffe einige neue Thatsachen mittheilen zu können, die vielleicht dazu beitragen werden, das widerspruchsvolle Material unter einzelne leitende Gesichtspunkte zu bringen und diejenigen Momente hervorzuheben, welche die Forschung vor Allem in Angriff nehmen muss, um ihr Ziel zu erreichen.

Ich will in Kürze die Ideen, von welchen ich bei meinen Untersuchungen ausging, wiedergeben. Zuerst leitete mich die Vorstellung von den gerinnungshemmenden Kräften der lebenden Gefässwandungen auf die Vermuthung, dass das gerinnungserzeugende Princip in den gerinnenden Substanzen selbst enthalten sei, dass es in ihnen ein besonderes Agens gebe, dass sie gerinnen macht und auf dessen Action sich die hemmenden, neutralisirenden Wirkungen der Gefässwände bezögen. Alle Flüssigkeiten, denen die Gerinnbarkeit als constante Eigenschaft zukommt, besitzen in grosser Anzahl zellige Elemente; über die Thätigkeiten derselben sind wir noch so sehr im Dunkeln, dass die Annahme, sie spielten vielleicht bei der Gerinnung, als Träger oder Erzeuger einer die Fibrinausscheidung bewirkenden Substanz, eine Hauptrolle, mir eigentlich durch Nichts unmöglich gemacht zu werden schien. Wir wissen, wie sehr Blut einerseits und Chylus und Lymphe andererseits in der Art ihrer Gerinnung sich von einander unterscheiden, wir betrachten aber auch als das eigentlich Charakteristische, als den specifischen Bestandtheil dieser Flüssigkeiten ihre zelligen Elemente. Es ist oft hervorgehoben worden, dass Chylus und Lymphe vor ihrem Durchgange durch die betreffenden Drüsen eine geringere Gerinnbarkeit zeigen als nach demselben, Manche

haben daraus geschlossen, dass der Faserstoff erst dort ihnen beigegeben werde; sicher wissen wir nur, dass sie reicher an Zellen die Drüsen verlassen. — Ueber die Art einer solchen Zellenwirkung standen mir natürlich nur unbestimmte Hypothesen zu Gebote, aber es kam auch vor Allem nur darauf an, das Factum zu constatiren. Ich ging dabei von dem Gedanken aus: wenn es die Zellen sind, aus deren Action die Gerinnung resultirt, so braucht das von einander abweichende Gerinnungsverhalten von Blut, Chylus und Lymphe nicht auf inneren Unterschieden ihres Faserstoffes zu beruhen; die verschiedene Natur der Zellen würde die Thatsache erklären. Dann mussten aber auch, und das war die Probe, die langsam gerinnenden Substanzen, Chylus und Lymphe sich wie das Blut verhalten, also schnell gerinnen, wenn man sie denselben Einflüssen unterwarf, welchen die Blutflüssigkeit unter allen Umständen ausgesetzt ist.

1. Einwirkung des Blutes auf den Chylus.

Der erste Versuch, den ich in diesem Sinne anstellte, gelang vollkommen; ich entnahm einem Pferde unmittelbar nach der Tödtung aus dem Ductus thoracicus etwa drei Unzen Chylus; derselbe war vollkommen milchweiss und blutkörperchenfrei; ich theilte ihn in zwei Theile und setzte zu dem einen eine drei Mal kleinere Quantität defibrinirten Blutes von demselben Pferde. Nach 2—3 Minuten war das Gemenge so vollkommen geronnen, dass das Glas ohne Gefahr umgekehrt werden konnte; der unvermischte Chylus gerann erst nach 25 Minuten. In einem zweiten Versuche machte ich zu Hundechylus einen Zusatz von ausgepresstem, bereits zwei Tage altem Pferdeblut; der Erfolg war derselbe, während der reine Chylus erst nach $1^1/_2$ Stunden gerann. Die Erfahrung, dass faserstofffreies Blut die Gerinnung des Chylus in hohem Grade beschleunigt, hat sich mir auch in allen späteren Versuchen ausnahmslos bestätigt. Es fragt sich nun, ob zu dieser Wirkung des Blutes die Gegenwart der Blutkörperchen absolut nothwendig sei. Reines, blutkörperchenfreies Serum erhielt ich dadurch, dass ich Pferdeblut in einem hohen und schmalen,

in eine Kältemischung von Eis und Kochsalz gestellten Cylinderglase auffing und es dann an einem ruhigen, keiner Erschütterung ausgesetzten Orte in der Kältemischung sich selbst überliess. Während der langen Dauer des Flüssigbleibens gewinnen die Blutkörperchen Zeit, sich vollkommen zu senken, was sich nicht senkt, wird von dem ausgeschiedenen Faserstoff eingeschlossen, so dass das nach einigen Stunden spontan ausgepresste Serum, namentlich wenn es vorsichtig mit einer Pipette von oben abgehoben wurde, sich unter dem Mikroskop alc gänzlich frei von zelligen Elementen erwies. Das Experiment ergab, dass auch solches Serum, im Vergleich zur normalen Chylusgerinnung, den Vorgang bedeutend beschleunigte, aber das aus dem entsprechenden Cruor ausgepresste Blut that dieses in viel höherem Maasse. Serum mit einer geringen Quantität Blut versetzt, wirkte schneller als reines Serum, langsamer als Blut. Da es in Betreff der Schnelligkeit der Gerinnung sehr auf die Mengenverhältnisse der zusammengemischten Substanzen ankommt, so muss man natürlich bei Anstellung solcher vergleichenden Versuche Sorge tragen, dass auch in dieser Beziehung Gleichheit der Bedingungen herrscht. Aber man kann immerhin an der Möglichkeit zweifeln, in der angegebenen Weise das Serum von seinem Gehalt an zelligen Elementen absolut zu befreien. Ich habe deshalb bei späteren Versuchen Blutserum von Rindern und Pferden durch thierische Membranen filtrirt und es auch dann noch wirkungsfähig gefunden.

Nach Blutzusatz entspricht der Gerinnungsvorgang im Chylus dem im Blute nicht blos in Bezug auf die Schnelligkeit. Der Kuchen ist auch viel fester und besitzt ein grösseres Contractionsvermögen als der im reinen Chylus entstandene. In zwei Fällen war die Neigung des letzteren, zu gerinnen, so schwach, dass es gar nicht zu einem wirklichen Festwerden der Flüssigkeit kam, es bildeten sich nur schlaffe, lose Gerinnsel und das Gefäss konnte in keinem Augenblicke umgekehrt werden; dieses konnte ohne Anstand mit den Portionen geschehen, denen Blut beigemengt war. Der ausgeschiedene Faserstoff schloss alle färbenden Elemente in sich ein, der Kuchen con-

trahirte sich schnell und schwamm nach 2—3 Stunden als kleiner rother Klumpen mit scharf umgrenzten Rändern in der ausgepressten, opalisirenden Flüssigkeit. Ich wusch ein solches Coagulum möglichst gut aus und brachte es in Salpeterwasser; selbst nach Verlauf von 3 Monaten hatte noch keine bemerkbare Auflösung stattgefunden.

Gewiss musste jetzt die Vermuthung auftauchen, dass das Blut diese seine unzweifelhafte Wirkung auf den gerinnenden Chylus vielleicht vermöge seines Gehaltes an Sauerstoff ausübe. Auch die geringere, aber doch eintretende Wirkung des Blutserums konnte in diesem Sinne gedeutet werden. Wenn aber die schnelle Gerinnung des Chylus durch den Sauerstoff der Blutzellen veranlasst wurden, so musste man annehmen, dass der reine Chylus nur deshalb langsamer gerinne als das Blut, weil er nicht, wie dieses, einer doppelten, einer äusseren und einer inneren, energischeren Sauerstoffeinwirkung ausgesetzt ist, sondern nur der äusseren atmosphärischen. Dann musste aber bei vollkommnem Luftabschluss der Chylus flüssig bleiben und es musste andererseits möglich sein, durch andere mit Sauerstoff gesättigte, an und für sich indifferente Flüssigkeiten denselben Effect zu erzielen, wie durch Blut. Eigentlich machte der Umstand, dass die Blutzellen die Fähigkeit, den Sauerstoff an sich zu binden, sehr lange bewahren, diese ganze Anschauung von vornherein ziemlich unwahrscheinlich, aber ich hielt es gegenüber der Rolle, die die Sauerstofftheorie in der Gerinnungsfrage gespielt hat, doch nicht für rathsam, vom Experiment abzusehen.

Man hat es häufig genug versucht, die Gerinnung bei Abschluss der Luft oder im luftleeren Raum zu beobachten und hat dann meist eine Verlangsamung bemerkt, aber man hat dazu meines Wissens immer nur das Blut benutzt; diese Versuche konnten jedoch für die Theorie nicht von entscheidendem Werthe sein, weil im Blute selbst eine grosse Menge Sauerstoff enthalten ist. Man konnte sich denken, dass die Blutkörperchen bei ihrem Untergange den Sauerstoff frei gäben und so eine wenn auch späte Gerinnung, wie sie z. B. in unterbundenen Gefässen stattfindet, veranlassten. Vom Chylus

konnte ich in dieser Beziehung zuverlässige Resultate erwarten, aber ich musste anch dem Einwande möglichst begegnen, dass es sehr schwierig sei, den Contact mit der atmosphärischen Luft gänzlich zu vermeiden. Der Apparat, den ich mir zu diesem Zwecke construirt habe, besteht aus einer Spritze aus Glas mit lang ausgezogener Spitze und gut schliessendem Stempel. Ziemlich in der Mitte der Spitze befindet sich ein luftdicht eingeschliffener Hahn. Man nimmt den Stempel heraus, schliesst den Hahn, füllt die Spritze bis zum Ueberfliessen mit ausgekochtem destillirtem Wasser, drückt dann den Stempel drauf, öffnet den Hahn und spritzt das Wasser aus; auf diese Weise hat man in demjenigen Theil der Spritze, in welchem der Stempel nicht eindringen kann, die Luft durch Wasser verdrängt. Da aber beim Zurückziehen des Stempels durch den luftleeren Raum leicht kleine Luftmengen zwischen Stempel und Spritzenwandung angesogen werden, namentlich wenn die durch die Spitze aufzunehmende Flüssigkeit sich erschöpft, so füllt man das Rohr über dem Stempel etwa einen Zoll hoch gleichfalls mit ausgekochtem destillirtem Wasser. Nachdem diese Vorbereitungen getroffen sind, unterbindet man den ductus thoracicus, durchschneidet ihn 1—1½ Zoll stromabwärts von der Ligatur und führt die Spitze in den Gefässstumpf, der sich fest um sie zusammenzieht; man legt über die Spitze eine zweite Ligatur an, öffnet die erste und zieht nun vorsichtig eine beliebige Menge Chylus in die Spritze; darauf dreht man den Hahn zu, schliesst die Ligatur, öffnet die andere und nimmt die Spritze heraus, die man zur weiteren Sicherheit auch noch unter Wasser oder Oel aufhängen kann. Da der Apparat aus Glas besteht, so kann man den Eintritt der Gerinnung, ohne ihn zu öffnen, wahrnehmen, wobei das in ihm enthaltene Wasser von grossem Nutzen ist; bei langsamer Füllung der Spritze mengt sich dasselbe nicht mit dem Chylus, sondern schwimmt als getrennte Schicht oben auf demselben und behält diese oberste Lage bei jeder Bewegung; dieses hört auf, sobald die ersten durch die Gerinnung bedingten Veränderungen der Flüssigkeit sich einstellen.

Ich habe drei Versuche mit dieser Spritze angestellt, zwei

Mal an Chylus von Pferden und ein Mal von einem Hunde; der Luftabschluss gelang jedesmal so vollkommen, dass nicht das kleinste Luftbläschen im Inneren der Spritze sich zeigte, aber die Gerinnung des Chylus blieb kein Mal aus, sie ging nur langsamer von Statten, als in den in offenen Gefässen aufgefangenen Portionen; die Verzögerung betrug $1^1/_2$, 2 und $2^1/_4$ Stunden; sie hat, wie ich glaube, und ich werde sogleich auf diesen Punkt zurückkommen, ganz andere Gründe als den einer behinderten Einwirkung des Luftsauerstoffes.

Ausserdem stellte ich noch folgende Gegenversuche an: ich mengte zu gleichen Quantitäten Chylus und destillirtes Wasser, durch welches ich zwei Stunden lang Sauerstoffgas geleitet hatte. Allerdings nimmt Wasser nur sehr wenig Sauerstoff auf, aber wenn man, wie ich später zeigen werde, durch Zusatz von einem Tropfen Blut oder von ein Paar Tropfen Serum schon verhältnissmässig ausserordentlich grosse Wirkungen erzielt, so kann wohl mit Recht gefragt werden, wie gross dann die Sauerstoffmenge sein könne, die in so geringen Quantitäten dieser Flüssigkeiten enthalten sei. Der Gerinnungsprocess erlitt keine Abweichung, er begann zu derselben Zeit wie in reinem Chylus und war auch gleichzeitig beendet.

Ferner evacuirte ich Pferdeblutserum unter der Luftpumpe und verglich die Wirkung desselben mit der des nicht evacuirten Serums; auch hier stellte sich kein Unterschied heraus.

Es befindet sich aber noch eine andere Gasart im Blute und zwar in grösserer Menge im venösen, die Kohlensäure. Ein Versuch mit destillirtem Wasser, das mit Kohlensäure gesättigt worden (3 Th. Chylus und 2 Th. Wasser), ergab eine Verzögerung der Gerinnung um $2^1/_2$ Stunden, dabei bildete sich nur ein unvollkommenes, weiches, klumpiges Coagulum; das destillirte Wasser an sich hatte keinen Antheil an dieser Wirkung, da es in denselben Verhältnissen, mit Chylus gemischt, den Gerinnungsvorgang in Bezug auf die Zeit gar nicht abänderte; auch war hier die ganze Flüssigkeit zu einem freilich gallertartigen Coagulum geronnen.

Nach dieser Erfahrung lag es nahe, den Unterschied in der Gerinnungszeit des venösen und arteriellen Blutes von dem

grösseren Gehalt des ersteren an Kohlensäure abzuleiten; es kam also darauf an, den Einfluss dieses Gases auch auf Blut zu constatiren. Zu dem Ende erhielt ich Pferdeblut aus der vena jugularis ducrh eine Kältemischung flüssig und brachte gleiche Mengen vom Plasma in zwei sehr hohe und schmale, ebenfalls in Eismischungen stehende Cylindergläser, etwa $1^1/_2$ Unzen in jedes. Durch die eine Flüssigkeit leitete ich einen langsamen Strom von Kohlensäure; wegen der Zähigkeit des Plasma und des dadurch bedingten Aufschäumens darf das Gefäss höchstens bis zu $^1/_{10}$ seines Inhaltes gefüllt sein, aus demselben Grunde muss der Gasstrom ein sehr langsamer sein, auch weil durch die Bewegung, in welche ein starker Strom die Flüssigkeit versetzt, nur zu leicht, trotz der Kältemischung partielle Fibrinausscheidungen bewirkt werden. Unterdess sorgte ich stets für Gleichheit der Temperatur in den Eismischungen. Nachdem die Gasdurchleitung 25 Minuten gewährt, entfernte ich den Kohlensäureapparat, hob beide Gefässe aus ihren Eismischungen und brachte sie in eine umgebende Temperatur von 10°. Hier gerann die eine Flüssigkeit nach 20 Minuten, die andere mit Kohlensäure behandelte blieb aber noch 15 Minuten länger, also im Ganzen 35 Minuten flüssig; dann gerann sie fast plötzlich.

Es schien mir jetzt unzweifelhaft zu sein, dass der Kohlensäuregehalt des Blutes, je nach seiner Grösse, den Gerinnungsvorgang desselben zu modificiren vermag. Daran knüpfte sich jedoch noch eine andere Erwägung: es ist häufig genug und zwar zu Gunsten der Sauerstofftheorie hervorgehoben worden, dass Blut im abgeschlossenen Raume langsamer gerinnt als in offenen Gefässen, und ich konnte diese Erfahrung auch in Betreff des Chylus bestätigen; ebenso häufig hat man in demselben Sinne darauf hingewiesen, dass die Schnelligkeit der Gerinnung sehr davon abhänge, ob das Blut in einem hohen und schmalen oder in einem flachen und breiten Gefäss aufgefangen werde. Aber in beiden Fällen ist es ja nicht blos der Zutritt des Sauerstoffes, der behindert oder erschwert wird, sondern ebenso auch der Verlust an Kohlensäure, die Gasdiffusion überhaupt wird unterbrochen oder verlangsamt; nach

den negativen Resultaten, die mir meine Versuche mit Sauerstoff lieferten, musste ich aber gerade auf diese Kohlensäureentweichung Gewicht legen. Ich sog erkältetes Pferdeblutplasma in eine in zwei sehr dünne Röhren auslaufende Glaskugel und schmolz die Röhren zu; eine kleine Luftblase blieb in der Kugel, die mir zur Bestimmung des Gerinnungsmomentes diente. Die Einsaugung war nur wenige Augenblicke nach der Entleerung des Blutes aus dem Körper geschehen, so dass unmöglich ein erheblicher Kohlensäureverlust bereits stattgefunden haben konnte; in einer äusseren Temperatur von 12° erfolgte die Gerinnung in der Kugel 8 Minuten später als im offenen Gefäss. Jetzt wiederholte ich denselben Versuch in der Weise, dass ich zuerst das in die Glaskugel zu füllende Plasma in der früher angegebenen Weise mit Kohlensäure behandelte; die Glaskugel, den Rest der kohlensäurereichen Flüssigkeit und eine dem letzteren entsprechende Quantität vom ursprünglichen Blutplasma brachte ich in eine Temperatur von 6°; die Gerinnungen traten in Intervallen von ca. 20 Minuten ein; der gesteigerte Kohlensäuregehalt verzögerte auch hier die Gerinnung und zwar am meisten in der Glaskugel, wo ausserdem die Möglichkeit zur Gasdiffusion abgeschnitten war. Es sind mir keine Gasanalysen des Chylus bekannt, aber wenn, wie es doch sehr wahrscheinlich ist, derselbe einen Gehalt an Kohlensäure besitzt, so findet die von mir gemachte Beobachtung über seine langsame Gerinnung in der Spritze in diesen Thatsachen ihre Erklärung; ich muss hinzufügen, dass unter den drei Fällen zwei Mal die in der Spritze entstandenen Coagula ganz demjenigen entsprechen, welches sich im Chylus nach Zusatz von kohlensäurehaltigem Wasser entwickelt hatte; aus der Spritze in eine Schale gegossen, breiteten sie sich flach und formlos aus. Das dritte Mal zeigte das Gerinnsel in der Spritze zwar eine verhältnissmässig bedeutende Festigkeit, es behielt die Form der Spritzenhöhlung auch nach der Entleerung bei, aber gerade dieses Mal enthielt der Chylus eine bedeutende Beimengung von Blutkörperchen, die ihm eine starke röthliche Färbung gaben; dieselben konnten, bei dem vorsichtigen Zuge, den ich ausgeübt hatte, und bei dem Um-

stande, dass das aus der durchschnittenen Gefässwandung stammende Blut mit dem Chylus des Stumpfes fortgeschwemmt wurde, während ich die Spitze des Instrumentes tief in den lezteren einführte, nur dem Chylus selbst angehören.

Es giebt eine Beobachtung, die der von mir supponirten Wirkung der Kohlensäure zu widersprechen scheint: manche Forscher erwähnen nämlich, dass Blut im luftleeren Raum langsamer gerinnt, als unter gewöhnlichen Bedingungen. Ich habe über diesen Punkt keine Erfahrungen gesammelt; es scheint mir jedoch, dass hier manche die Abweichung bedingenden Ursachen zusammentreffen können; so z. B. findet im Vacuum eine Temperaturerniedrigung Statt; ferner bewirkt die Evacuation auch einen Wasserverlust, also eine Concentration der Flüssigkeit, und ich habe die wiederholte Erfahrung gemacht, auf die ich im weiteren Verlauf zurückkommen werde, dass die Verdichtung der Flüssigkeit ihre Gerinnung unter Umständen erschwert; allerdings kann wegen der Kürze der Zeit der bei der Evacuation stattfindende Wasserverlust nicht erheblich sein, aber es handelte sich auch immer nur um eine sehr unbedeutende Verzögerung der Gerinnung, zuweilen fehlte sie ganz. Das Factum scheint mir übrigens nicht ganz sicher zu sein, Scudamore[1]) behauptet geradezu, das Blut gerinne im Vacuum schneller als sonst, ebenso Richardson und Lehmann.[2])

Da der Chylus eine viel geringere Neigung zu gerinnen besitzt als das Blut, so übt jedes den Gerinnungsvorgang hemmende Moment auf ihn auch einen viel stärkeren Einfluss aus als auf letzteres. So verhält es sich mit der Kohlensäure, so auch mit der Kälte. Eine langsame Temperaturerniedrigung von wenigen Graden genügt, um die Gerinnung des Chylus bedeutend zu verzögern, während die des Blutes, namentlich des arteriellen, oft selbst nicht durch Eismischungen aufzuhalten ist. Dieser Umstand muss bei allen Versuchen mit Chylus,

---

1) Scudamore, Ein Versuch über das Blut, aus dem Englischen. Würzburg 1826. Versuch 5 u. 6.

2) Lehmann, Lehrbuch der phys. Chemie, 1850, Bd. II, S. 187.

namentlich wenn man ihm andere Substanzen beimengt, mit in Rechnung gebracht werden.

2. Einwirkung des Blutes auf die Transsudate.

Aber wenn es so wahrscheinlich wurde, dass im Blute ein ganz specifischer Stoff enthalten sei, durch dessen Einwirkung auf die fibrinogene Flüssigkeit die Ausscheidung des Fibrins bewirkt werde, wenn hieraus auf ein ähnliches Verhalten bei Chylus und Lymphe geschlossen werden konnte, dann musste auch die Serosität der durch die Gefässwandungen transsudirten Ernährungsflüssigkeiten zweifelhaft werden; die Annahme drängte sich auf, dass dieselbe während ihrer Transsudation keineswegs ihre fibrinöse Natur, ihre Gerinnbarkeit einbüssten, dass sie aber factisch nicht gerinnen, weil ihnen jener specifische Körper mangelte, der in den in geschlossenen Bahnen kreisenden Flüssigkeiten enthalten ist; sie mussten dann, wenn man diesen Mangel künstlich ersetzte, sich wie die letzteren verhalten.

In der That bestätigte sich mir diese Anschauung gleich durch die ersten Versuche in sehr glücklicher Weise. In einer ganz klaren, 5,5$^0/_0$ Alb. enthaltenden, also sehr concentrirten Hydroceleflüssigkeit entstand, nachdem ich etwa 2 Theile derselben mit 1 Theil aus dem noch warmen Kuchen gepressten Ochsenblutes versetzt hatte, in weniger als einer Minute eine so feste Fibrinausscheidung, dass ich das Glas umkehren konnte; bald darauf begann die spontane Contraction des Gerinnsels, wobei ein vollkommen klares Serum ausgepresst wurde und das Coagulum nach Verlauf einiger Stunden auf ungefähr $^1/_3$ seines ursprünglichen Volums zusammenschrumpfte. In einer Temperatur von 8—12° aufbewahrt, trat die Fäulniss in dieser Flüssigkeit erst nach Verlauf von mehr als 4 Wochen ein und dann erst verlor sie ihre Gerinnungsfähigkeit, aber niemals während dieser ganzen Zeit hatte sich in ihr auch nur die geringste spontane Fibrinausscheidung eingestellt. Von da an hat mir eine grosse Reihe von Versuchen wesentlich dieselben Resultate gegeben; die Bedingungen

zum Gelingen des Experimentes sind nur bald mehr, bald weniger günstige.

In einer vorläufigen Mittheilung an die königl. Akademie zu Berlin[1]) habe ich die Zahl der von mir untersuchten Transsudate auf 68 angegeben; ich kann diese Zahl jetzt auf mehr als 80 erheben; ich wiederhole, dass es mir in der bei weitem grössten Zahl der Fälle gelungen ist, durch Blutzusatz Gerinnung zu bewirken. Wo dieses nicht eintraf, da hatten bereits erschöpfende Fibrinausscheidungen innerhalb des Körpers oder ausserhalb desselben bei nachweisbarem durch die Operation bedingten Blutzutritt stattgefunden. Auch bei Eröffnung der serösen Höhlen bei Leichen gelingt es nicht immer, die Verunreinigung der Flüssigkeiten durch Blut zu vermeiden. Ausserdem sind die fibrinösen Substanzen in den Cadavern der Einwirkung des nach der Gerinnung des Blutes nun durch abgestorbene Gefässmembranen hindurch sickernden Serums ausgesetzt.

Es stellte sich nun zuerst heraus, dass so wie im Blute, so auch in den anderen spontan gerinnenden Flüssigkeiten, Chylus, Lymphe und Eiter, ein gerinnungserzeugendes Princip vorhanden ist, aber von sehr viel geringerer Energie. Um ein Beispiel von den Unterschieden zu geben, die ich beobachtet habe, führe ich folgende Versuche an:

Eine Hydroceleflüssigkeit, welche nach Zusatz von frischem Rinderblut in ungefähr 5 Minuten fest wurde, gerann nach Hinzufügung einer dem Blutquantum gleichen Menge frischen ausgepressten Hundechylus erst nach $3^1/_2$ Stunden.

Die aus einem strotzenden Halslymphgefäss desselben Hundes stammende Lymphe bedurfte, um dieselbe Wirkung zu äussern, sogar eines Zeitraumes von 5 Stunden, obgleich ihre eigene Gerinnung schneller von Statten ging als die des Chylus. In beiden Fällen waren die gebildeten Gerinnsel sehr weich und leicht zerreisslich.

Ich liess frischen, rahmigen, nach dem äusseren Ansehen wenigstens vollkommen blutkörperchenfreien Eiter einige Stun-

1) Gesammtsitzung der Akademie vom 7. März 1861 (Monatsbericht u. s. w., 1861 S. 360.

den in einem hohen und schmalen Standgefäss abstehen; die im Eiter schwimmenden Faserstoffklumpen wurden herausgefischt. Mit einer Pipette hob ich etwas von der obenstehenden Flüssigkeit ab, schüttelte dann den Rest wieder durcheinander und mischte nun in gleichen Mengenverhältnissen Eiter sowohl als Eiterserum mit jener ersten von mir untersuchten, so überaus leicht gerinnenden Hydroceleflüssigkeit. Sie coagulirte in $1^1/_2$ resp. 4 Stunden und die Gerinnsel bestanden aus einer weichen, zitternden Gallerte, die sich auch bei längerem Stehen gar nicht zu contrahiren vermochte.

Es ist ferner interessant, dass auch die Ergebnisse der mit ausgepresstem Pferdeblut angestellten Experimente vollkommen dem bekannten Gerinnungsverhalten desselben entsprechen. Niemals erreicht dasselbe die Wirksamkeit des Rinder- und Schweineblutes. Da es jedoch, wenn auch hauptsächlich, so doch nicht allein auf die Beschaffenheit des Blutes ankommt, indem auch die der Transsudete, namentlich ihr Faserstoffgehalt und der Grad ihrer Concentration von Einfluss auf die Art ihres Gerinnungsprocesses ist, so ist es durchaus nöthig, bei den vergleichenden Versuchen mit verschiedenen Blutarten an einem und demselben Transsudat zu operiren. Niemals ging, selbst bei Anwendung von frischem Pferdeblut, der Process schneller als in 10—15 Minuten von Statten, häufig langsamer[1]), während bei Rinder- und Schweineblut die Gerinnungszeiten bei günstigen fibrinösen Flüssigkeiten zwischen 1 und 5 Minuten schwankten. Hiernach konnte geschlossen werden, dass auch die langsamere Gerinnung des Pferdeblutes selbst nicht abhängig ist von einer besonderen Beschaffenheit der fibrinogenen Substanz, sondern eben von der geringeren Energie des Gerinnungserregers. Bei dem ersten Versuch, den ich in

---

1) Die Zeit reichte fast immer aus zur gänzlichen Senkung der Pferdeblutkörperchen; dann bildete sich auch eine vollkommne Speckhaut; dieselbe lässt sich aber auch mit jedem anderen Blute erhalten, wenn man nur die Bedingungen einer langsamen Gerinnung herstellt. Die Bildung einer Speckhaut begleitete immer die Einwirkung eines alten, heruntergekommenen Blutes, sie entstand um so leichter, je fibrinreicher die Flüssigkeit war.

diesem Sinne anstellte, verfuhr ich in der Weise, dass ich Blut aus der Jugularvene eines Pferdes in zwei Gefässen auffing, von welchen das eine mit defibrinirtem Rinderblut zu $^1/_8$ gefüllt war. Aber gerade dieses Mal gerann das unvermischte Pferdeblut, was ich übrigens auch sonst oft gesehen habe, mit solcher Geschwindigkeit, dass es mir unmöglich wurde, eine Zeitdifferenz zu constatiren. Ausserdem leitete mich eine andere Erwägung dazu, das Experiment zu modificiren. Ich fand nämlich bei meinen künstlichen Gerinnungsversuchen, dass durch den Act der Gerinnung selbst eine bedeutende Erschöpfung des angewandten Blutes herbeigeführt wird und zwar dieses um so mehr, je grösser der Fibringehalt der Flüssigkeit war. Dasselbe muss nun auch wohl von der ersten, spontanen[1]) Gerinnung des Blutes gelten; erwägt man ausserdem den grossen Fibringehalt des Blutes, so kann der Kraftverlust, den es bei dieser Leistung erleidet, kein geringer sein. Demgemäss kann man auch nur sagen und die Erfahrung bestätigt es, dass, so gut wie Ochsenblut spontan schneller gerinnt als Pferdeblut, so auch dasselbe Verhältniss sich bei den durch diese Blutarten künstlich bewirkten Gerinnungen wiederholt; aber eine durch Ochsenblut bewirkte künstliche Coagulation geht doch meist nicht so schnell oder gar schneller von Statten als der spontane Process im Pferdeblut, und wenn dieses hin und wieder der Fall ist, so darf man die verhältnissmässige Fibrinarmuth der meisten Transsudate nicht ausser Acht lassen. Man kann also auch nicht erwarten, wenigstens nicht unter gewöhnlichen Verhältnissen, die Gerinnung im Pferdeblut durch Zusatz von defibrinirtem, also bereits geschwächtem Rinderblut erheblich zu steigern. Aber man kann den spontanen Vorgang durch Vermehrung der Gerinnungswiderstände beliebig herabsetzen oder ganz hindern und dann das Verhalten der fibrinogenen Substanz gegen die Einwirkung verschiedener Blutarten bestimmen. Zu dem Ende hinderte ich Pferdeblut durch eine Kältemischung am Gerinnen, vertheilte nach vollendeter Sen-

---

1) Ich bediene mich des Ausdruckes „spontan“ jetzt und des Weiteren nur im Gegensatze zu der Bezeichnung „künstlich“.

kung der Blutkörperchen 3 gleiche Quantitäten vom Plasma in 3 Reagensgläser und brachte dieselben in eine umgebende Temperatur von 5°. Nachdem ich zu der einen Flüssigkeit einige Tropfen Ochsenblut, zu der anderen die gleiche Menge Pferdeblut (beide 24 Stnnden früher entleert, aber unmittelbar vor dem Experiment ausgepresst) hinzugefügt hatte, erfolgte die Gerinnung nach drei resp. 15 Minuten, im reinen Plasma erst nach einer halben Stunde. — Zu einem anderen Versuche benutzte ich statt der Kälte eine Lösung von Bittersalz; der Widerstand, den eine solche Lösung der Gerinnung entgegensetzt, wird zwar durch nachträgliche Verdünnung mit Wasser wieder beseitigt, aber nur langsam und häufig auch unvollständig, insofern auch nach längerer Zeit nur eine partielle Fibrinausscheidung Statt gefunden hat[1]). Der Process verläuft jedoch schnell und in erschöpfender Weise, wenn man nach der Verdünnung mit Wasser Blut hinzusetzt[2]). Setzte ich nun zu durch Bittersalz flüssig erhaltenem Pferdeblutplasma nach der Verdünnung ausgepresstes Pferde- und Rinderblut, so erhielt ich dieselben Resultate, wie bei Anwendung der Kälte. — Diese Ergebnisse sprechen gewiss nicht dafür, dass die langsame Gerinnung des Pferdebluts in einer besonderen Beschaffenheit seines Faserstoffes begründet sei. Ich kann es Jeden überlassen, die Anwendung auf andere speckhäutige Blutarten selbst zu machen.

3. Bedingungen des Gerinnungsvorganges.

Es kommt nun, was die Einwirkung des Blutes auf fibrinöse Flüssigkeiten anbetrifft, zuerst auf die Mengenverhältnisse an. Im Allgemeinen: je kleiner die Menge des zu einer und derselben Flüssigkeit zugesetzten Blutes, desto langsamer die

---

1) Den Beweis für eine unvollständige, theilweise Gerinnung entnehme ich nicht nur aus einer äusserlichen Abschätzung der ausgeschiedenen Massen, sondern daraus, dass durch Blutzusatz noch weitere Ausscheidungen herbeigeführt werden.

2) Der Erfolg ist geringer, wenn man vor der Verdünnung das frische Blut hinzusetzt, und zwar um so geringer, je länger man dann mit der Verdünnung zögert. Es ist, als ob die schwefelsaure Magnesia durch das Wasser erst unschädlich gemacht werden müsste.

Gerinnung, desto weicher, gallertartiger, contractionsunfähiger der ausgeschiedene Faserstoff. Aber es ist nicht immer leicht, die Zeitdifferenz zu constatiren, namentlich wenn man zu den Versuchen ganz frisches Blut anwendet. Dasselbe wirkt auch in den kleinsten Mengen mit solcher Schnelligkeit, dass es, wenn die gerinnbaren Flüssigkeiten nicht sehr concentrirt und faserstoffreich sind, oder wenn man nicht über grössere Mengen derselben verfügt, häufig schwer fällt, einen deutlichen Unterschied in der Gerinnungszeit wahrzunehmen; dagegen lassen sich in solchen Fällen die bezüglichen Consistenzdifferenzen immer leicht beobachten. Wenn man, wie ich aus Rücksichten sowohl der Bequemlichkeit als der Sparsamkeit gethan habe, in Reagensgläsern operirt, so muss man den Blutzusatz tropfenweise abmessen; auch dann wird bei leicht gerinnenden Substanzen häufig ein einziger Tropfen in ebenso kurzer Zeit eine Gerinnung herbeiführen, als eine grössere Anzahl; aber an der Zartheit, an der gallertartigen Beschaffenheit erkennt man die schwächere Einwirkung; dennoch kann in beiden Fällen der Faserstoffgehalt der Flüssigkeit vollkommen erschöpft sein. In einem besonders ausgezeichneten Falle benetzte ich das Ende eines Glasstabes mit frischem Rinderblut, zog mit demselben an der inneren Wandung eines Reagenglases einen Strich, füllte letzteres zur Hälfte mit einem pericardialen Transsudat von $2^0/_0$ Alb. und vertheilte das Blut durch Schütteln in der Flüssigkeit. Nach $1^1/_2$ Minuten war dieselbe geronnen, aber nur zu einer gelatinösen zitternden Masse, das Glas konnte nicht umgekehrt werden, wie das bei einem anderen, blutreicheren Gemenge möglich war. Ich drückte das gallertartige Coagulum aus und versetzte einen Theil der ausgedrückten Flüssigkeit von Neuem mit Blut; es erfolgte hier keine Fibrinausscheidung mehr, wohl aber geschah dieses innerhalb 10 Minuten in dem ursprünglichen Transsudat, zu dem ich den anderen Theil gegossen hatte; es war also nicht blos alles Fibrin ausgeschieden worden, sondern auch noch ein Ueberschuss an Kraft vorhanden, trotz der geringen Menge des ursprünglich zugesetzten Blutes. Da die gelatinöse Beschaffenheit des Coagulum's nicht auf eine nur partielle Fibrinausscheidung bezogen

werden konnte, so muss ich, nachdem eine grosse Reihe von wiederholten Versuchen mir stets dasselbe Resultat gegeben haben, schliessen, dass die Beschaffenheit des ausgeschiedenen Fibrins, namentlich seine Zähigkeit und Contractionsfähigkeit abhängig ist von der Menge, in welcher die fibrinoplastische Substanz[1]) in der Flüssigkeit vorhanden ist. Dieses Gesetz erklärt es mir, weshalb ein zu reichlicher Blutzusatz die Beobachtung beeinträchtigt, insofern es dann häufig den Anschein gewinnt, als finde gar keine oder nur eine sehr unvollkommene Gerinnung Statt; man erwartet dann vergeblich das Gestehen der Flüssigkeit, das Ganze bleibt flüssig, sieht man jedoch genauer zu, so findet man am Boden des Glases ein kleines Gerinnsel, das nur den geringsten Theil der Blutkörperchen einschliesst oder in anderen Fällen nur ein ganz kleines festes Faserstoffklümpchen, das man leicht mit einem Haufen zusammengeklebter Blutkörperchen verwechseln könnte, wenn es sich nicht beim Schütteln der Flüssigkeit unverändert erhielte; und doch ist in beiden Fällen die Flüssigkeit defibrinirt. Der eigentliche Gerinnungsvorgang, die schichtweisen, anfangs an der Gefässwandung anhaftenden und allmählig sich von ihr loslösenden Ablagerungen, die um so deutlicher hervortreten, je mehr man den Process verlangsamt, ist hier, für die Augen wenigstens, geradezu auf Null reducirt, man hat es nur mit dem Endresultat des Processes zu thun. Zuweilen habe ich jedoch auch das Gegentheil gesehen, die ausgeschiedenen Massen überall in der Flüssigkeit gleichmässig vertheilt ohne Contractionsfähigkeit; es ist dabei die durch grossen Blutzusatz bedingte Volumsvergrösserung der Flüssigkeit, gewissermaassen

---

1) Ich werde mich des Ausdruckes „fibrinoplastische Substanz" für dasjenige, was die Fibrinausscheidung bewirkt, und „fibrinogene Substanz" für das, was Fibrin wird, bedienen, hauptsächlich weil es sehr schwer ist, von Dingen zu reden, die keinen Namen haben. Ich habe ausserdem die Ueberzeugung, dass die Fibrinausscheidung abhängig ist von der Einwirkung einer besonderen, in den gerinnbaren Flüssigkeiten enthaltenen Substanz; wen jedoch die mitgetheilten und noch mitzutheilenden Thatsachen zu einer anderen Ansicht leiten, der kann ja immerhin den Ausdruck in seinem Sinne interpretiren.

die Verdünnung der vorhandenen fibrinogenen Substanz zu berücksichtigen. Das auf diese Weise ohnedies in feinster Vertheilung ausgeschiedene Fibrin wird nun noch durch die Masse der Blutkörperchen, die es in solchen Fällen einschliesst, an jeder Contraction behindert, es entsteht so ein sehr voluminöses, aber fast flüssiges, oft sehr schwer sichtbares Coagulum. In welcher Weise nun auch der Process verläuft, es ist bei der Undurchsichtigkeit des Gemenges immer sehr schwer, auch nur mit annähernder Genauigkeit den Zeitpunkt zu bestimmen, wann diese unscheinbaren Faserstoffausscheidungen stattgefunden haben. Zuweilen, namentlich wenn die angewandte fibrinöse Flüssigkeit im Verhältniss zu ihrer Concentration sehr wenig Fibrin lieferte, ist es mir sogar erschienen, als ob sie später als nach einem geringen Blutzusatz eintreten; es mag dabei noch ein anderer Umstand mit in Betracht kommen: da die Transsudate in der grössten Zahl der Fälle bei Weitem diluirtere Flüssigkeiten darstellen als das Blut, so wird durch eine reichliche Beimengung von letzterem jenes Missverhältniss zwischen Concentration und Gehalt an fibrinogener Substanz noch bedeutend gesteigert. Es hat sich mir aber aus anderen Verhältnissen herausgestellt, dass bei gleichem Gehalt an letzterer die Widerstände für ihre Ausscheidung wachsen in geradem Verhältniss zu der Concentration der Flüssigkeit.

Bei der so sehr wechselnden Beschaffenheit der Substanzen und somit der Gerinnungsbedingungen ist es nicht möglich, in zuverlässigen Zahlen dasjenige Mischungsverhältniss anzugeben, bei welchem man auf ein möglichst ungetrübtes Resultat rechnen kann; in jedem einzelnen Falle muss eben der Versuch darüber entscheiden. Im Allgemeinen kann ich sagen, dass bei den am leichtesten zu erlangenden Transsudaten aus dem Pericardium und dem Peritoneum, deren Gehalt an organischer Substanz ich in einer ziemlich grossen Anzahl von Fällen zwischen 1 und 3 % schwankend fand, das Verhältniss von 1 Tropfen frischen Rinderbluts zu 1—1½ Cubikcentimeter Transsudat dasjenige war, bei welchem ich die bestmöglichen Resultate erzielte, dagegen kann ich aus diesen Fällen das Verhältniss zu gleichen Theilen als ein ungünstiges weil zu starkes bezeichnen.

Es giebt zwar Fälle von grossem Fibrinreichthum, in welchen man ohne sehr grosse Mengen von Transsudat zu bedürfen zu den Versuchen über die Gerinnungsgeschwindigkeit frisches Blut anwenden kann, aber dieselben sind selten; meist thut man besser, sich dazu solchen Blutes zu bedienen, das bereits durch Stehen an der Luft geschwächt ist, oder man hält sich an das Blutserum, das man nöthigenfalls beliebig mit Wasser verdünnen kann; auf diese Weise lässt sich der Gerinnungsvorgang auf eine Dauer von vielen Stunden und selbst mehreren Tagen ausdehnen und es wird leicht, die Abhängigkeit der Gerinnungszeit von der Grösse des Blut- oder Serumzusatzes zu constatiren. Uebrigens kann man aus solchen Versuchen ersehen, in wie ausserordentlich geringen Quantitäten die fibrinoplastische Substanz immer noch ihre Wirksamkeit äussert. Ich habe Blutserum mit dem 10fachen Volum destillirten Wassers verdünnt; ein Tropfen hiervon genügte, um innerhalb 12 Stunden 1 Ccm. einer allerdings eiweissarmen Flüssigkeit aus dem Peritoneum gerinnen zu machen. Dagegen konnte ich aus derselben Quantität einer sehr concentrirten, aber wenig Fibrin liefernden Hydroceleflüssigkeit durch einen Tropfen unverdünntes Serum auch nach 24 Stunden keine Ausscheidung erhalten; 5 Tropfen wirkten hier erst in 3 Stunden, 2 Tropfen Blut in 40 Minuten. Ein grosser Fibrinreichthum bedingt an und für sich keine langsame Gerinnung; solche fibrinreiche Flüssigkeiten, die nach meinen Erfahrungen übrigens stets auch die concentrirtesten waren, bedürfen nur, um ebenso schnell zu gerinnen, wie die fibrinarmen und zugleich diluirten, eines grösseren Zusatzes von Blut, oder dasselbe muss sehr frisch und kräftig sein. Das für den Gerinnungsvorgang ungünstigste Verhältniss, Fibrinarmuth bei relativ hoher Concentration, habe ich hauptsächlich bei solchen Flüssigkeiten beobachtet, in welchen inner- oder ausserhalb des Körpers bereits partielle spontane Fibrinausscheidungen stattgefunden hatten.

Die durch Blutserum erzeugten Coagula entsprechen in ihrer Beschaffenheit ganz den durch Zusatz sehr geringer Quantitäten Blut bewirkten. Sie besitzen ein sehr geringes

Contractionsvermögen, sind weich, gelatinös, zerfallen und zerreissen leicht; sie haben in ihrem äusseren Ansehen die grösste Aehnlichkeit mit den in den Flüssigkeiten seröser Höhlen ausser- oder innerhalb der Leiche spontan auftretenden Ausscheidungen. Die letzteren kehren häufig wieder, nachdem man sie durch Filtriren oder mit dem Glasstabe aus der Flüssigkeit entfernt hat. Ich glaubte hierin nur einen künstlich unterbrochenen, äusserst langsam fortschreitenden Gerinnungsprocess zu sehen, hervorgerufen durch eine im Verhältniss zur Menge der vorhandenen fibrinogenen Substanz äusserst geringe Beimengung von fibrinoplastischer Substanz. Ich versuchte daher diesen Vorgang nachzuahmen, indem ich zu 15 Ccm. einer unter günstigen Verhältnissen sehr schnell gerinnenden Herzbeutelflüssigkeit von 2 % Alb. 4 Tropfen Pferdeblutserum setzte; letzteres war schon 2 Tage alt. Darauf goss ich von der Flüssigkeit etwa 4 Ccm. in ein Reagensglas ab und stellte dasselbe bei Seite. Am Abend desselben Tages befand sich in dem grösseren Gefäss ein schwer sichtbarer, aber beim vorsichtigen Uebergiessen der Flüssigkeit in ein anderes Gefäss aus dem plötzlichen Hinüberstürzen deutlich erkennbarer Gallertklumpen; abfiltrirt hinterliess er einen fast spurlosen, membranartig über die Spitze der Trichterhöhle ausgespannten Rückstand. Am Morgen des zweiten Tages war eine neue Ausscheidung sichtbar, die ich auf dieselbe Weise entfernte; dieses wiederholte sich gegen Abend, dann am folgenden dritten Morgen, zuletzt aber erst zu Mittag des vierten Tages. Kleine Proben der Filtrate geronnen stets nach Zusatz eines Tropfens Blut, lieferten aber von Mal zu Mal weniger Fibrin. Bei dem Filtrat vom vierten Tage fand dieses gar nicht mehr Statt, der Process war demnach beendet, und es stellte sich auch eine weitere Ausscheidung in der Flüssigkeit nicht mehr ein. In der im Reagensglase ruhig sich selbst überlassenen Portion hatte sich unterdess ein aus 3 einander einkapselnden, in der Reihenfolge von innen nach aussen immer zarter und durchsichtiger werdenden Schichten bestehendes Coagulum gebildet auch hier liess sich aus der Flüssigkeit kein Fibrin mehr gewinnen. Der Rest der ursprünglichen Substanz blieb noch

8 Tage nach Beendigung dieses Experimentes gerinnbar, ohne zu gerinnen und ging dann in Fäulniss über.[1]) Wer sollte nicht die Analogie dieser an einer und derselben Flüssigkeit gemachten Beobachtungen mit den bekannten Fällen von Virchow und Polli sehen? Und doch konnte derselbe Faserstoff unter Umständen sich schnell ausscheiden, wie jeder andere. Ich habe diesen Versuch 4 Mal bei Flüssigkeiten verschiedener Concentration mut. mut. wiederholt, stets mit demselben Erfolge; er gelingt unter geeigneten Verhältnissen ebenso gut bei Anwendung von Blut[2]), als von Serum. — Ist auf diesem langsamen Wege aller Faserstoff aus der Flüssigkeit entfernt, dieselbe also nun wirklich serös geworden, so verhält sie sich auch darin wie Blutserum, dass sie ihrerseits andere fibrinöse Flüssigkeiten zum Gerinnen bringt; es ist fast, als ob man es mit einer fermentativen Bewegung zu thun hätte. Aber es widerspricht der Natur eines fermentativen Vorganges, dass dieses Pseudoserum viel schwächer wirkt als das ursprüngliche; wollte ich durch ersteres den Gerinnungsvorgang auf einen anderen Theil desselben Transsudates übertragen, so musste ich, um überhaupt ein Resultat zu erzielen, jetzt den Zusatz 10 - 20 Mal grösser machen, als beim ersten Mal, und zugleich eine höhere Temperatur zu Hülfe nehmen. Trotzdem gelang mir auf diese Weise nur Ein Mal die vollständige Ausscheidung sämmtlicher Fibrins, wo ich die Uebertragung weiter fortsetzen konnte. Im einen oder anderen Falle, nach der zweiten oder dritten Uebertragung, hörte der Process, nachdem sich ein oder mehrere ausserordentlich schwache Gerinnsel gebildet hatten, gänzlich auf, ohne dass alles Fibrin ausgeschieden

---

1) Ich hebe hier hervor, dass ich bei allen künstlichen Gerinnungsversuchen stets einen Theil der Transsudate, so wie sie aus dem Körper kamen, zur Controlle bei Seite gestellt habe. Diese Vorsicht ist durchaus nöthig, da spontane Gerinnungen in ihnen keinesweges selten sind.

2) Es ist bezeichnend, dass in der Beschreibung des Virchow'schen Falles sehr protrahirter Gerinnung, wo sich innerhalb 12 Tagen 7 Gerinnsel gebildet hatten (Gesammelte Abhandlungen S. 115), ausdrücklich angegeben wird, die Flüssigkeit sei sehr eiweissreich gewesen und habe ziemlich viel Blutkörperchen enthalten.

worden wäre; die von dem letzten Gerinnsel abfiltrirte, noch immer gerinnbare Flüssigkeit veränderte sich gar nicht mehr bis zum Eintritt der gewöhnlichen Zersetzungserscheinungen, es war also die wirksame Substanz vollkommen verbraucht. Dasselbe hat man Gelegenheit, an den aus serösen Höhlen von Leichen entnommenen Transsudaten zu beobachten. Sehr gewöhnlich treten hier nach einigen Stunden oder Tagen schwache Fibrinausscheidungen auf, und zwar je später desto schwächere, aber meist hält der Process über kurz oder lang stille, gewöhnlich ohne die Fibrinosität der Flüssigkeit merkbar herabgesetzt zu haben. Niemals gelingt es, durch Zusammenmischen zweier fibrinöser, an und für sich nicht gerinnender Transsudate aus verschiedenen Körperhöhlen Gerinnung zu bewirken, aber dieselbe stellt sich jedesmal ein, wenn in einer von beiden Flüssigkeiten alles Fibrin spontan inner- oder ausserhalb des Körpers bereits ausgeschieden ist, wie ersteres namentlich bei hydropischen Flüssigkeiten in der Leiche vorkommt; es ist nur in solchen Fällen meist nöthig, sehr lange auf das Resultat zu warten. Diese Möglichkeit des Verbrauchs der fibrinoplastischen Substanz, die Proportionalität zwischen Ursache und Wirkung, wie sie sich in Betreff der Gerinnungszeiten, der Menge und der Beschaffenheit der ausgeschiedenen Massen beobachten lässt, sprechen wohl nicht für die fermentative Natur des Vorganges.

Blut sowohl als Serum, längere Zeit sich selbst überlassen, verlieren zwar unter gewissen Umständen gänzlich ihre Fähigkeit, Gerinnungen zu erzeugen, aber es gelingt nur selten beim Blute, diesen totalen Verlust so, wie beim Serum, speciell durch den Gerinnungsact selbst, also durch functionelle Erschöpfung oder durch Verbrauch herbeizuführen. Ich habe diese Versuche so angestellt, dass ich nach jedesmaliger Gerinnung mich zuerst durch Prüfung des flüssigen Theiles ihrer Vollständigkeit versicherte, dann durch Zerdrücken und Zerkleinern des Coagulums seinen Inhalt möglichst wieder freimachte und nun, um jeden Verlust an fibrinoplastischer Substanz zu vermeiden, die ganze Masse mit Einschluss der Faserstofftrümmer zu einem jedesmal gleich grossen Quantum des

ursprünglichen Transsudates setzte. Der Process verlief zwar von Mal zu Male immer langsamer, die Wirkung wurde also immer schwächer, und ich kam häufig, da die Flüssigkeit trotz eingetretener Ausscheidungen sich anhaltend fibrinös erhielt, in Versuchung, an eine endlich eingetretene Erschöpfung zu glauben. Aber bei längerem Zuwarten wurde zuletzt doch aller Faserstoff ausgeschieden. Allerdings besassen die Flüssigkeiten, die mir zu diesen Versuchen gerade zu Gebote standen, nur einen geringen Gehalt an organischer Substanz, zwischen $1^1/_2$ und $2^1/_2$ %. In einem Versuche nahm ich beim zweiten Male das Doppelte, beim dritten Male das Dreifache u. s. f. derjenigen Quantität des Transsudates, die beim ersten Male zur Anwendung kam. Ich begann mit $1^1/_2$ Ccm. vom letzteren und 1 Tropfen frischen Rinderblutes; die Gerinnungszeiten betrugen: 3 Minuten, 20 Minuten, 24 Stunden und 12 Tage; ich gebe hier die Zeitpunkte an, wo sich die Flüssigkeiten erst als vollständig defibrinirt erwiesen, die Ausscheidungen begannen immer einige Zeit früher. Nach der fünften Uebertragung trat keine Gerinnung mehr ein, aber ich konnte hieraus keinen sicheren Schluss ziehen, insofern ich nach obiger Progression die folgende Gerinnung erst nach sehr langer Zeit erwarten konnte, die früher eintretende Fäulniss aber ihre Gerinnbarkeit aufhebt. Zur Ergänzung dieser Versuche führe ich 2 zufällig gemachte Beobachtungen an: das eine Mal geriethen mir aus Versehen einige Tropfen nicht ganz frischen Blutes in etwa 2 Unzen einer sehr concentrirten und fibrinreichen Hydroceleflüssigkeit; ich glaubte dieselbe schon verloren, aber am anderen Morgen fand sich auf dem Boden des Gefässes nur ein ganz unbedeutendes, die Blutkörperchen einschliessendes Gerinnsel, das bei leichter Bewegung in Trümmer zerfiel, eine weitere Fibrinausscheidung als Folge dieser Blutbeimengung stellte sich in der immer noch stark fibrinösen Flüssigkeit nicht mehr ein. Ein anderes Mal erhielt ich eine grosse Quantität, etwa 12 Pfund Pleuraflüssigkeit, die sich im Vergleich zu den meisten anderen von mir untersuchten Transsudaten als sehr eiweissreich erwies; sie enthielt 4,2 % Alb. Die ganze Flüssigkeit war durchsetzt von den Trümmern einer stattgehabten

Fibrinausscheidung in Form von trübenden Partikeln und Flöckchen; auf dem Boden lagen grössere Flocken und Klumpen, untermischt mit einer verhältnissmässig nur sehr geringen Menge von Blutkörperchen. Das Filtrat gerann nach einigen Stunden noch ein Mal spontan, aber das nächste Filtrat nicht mehr, obgleich ich künstlich schwache Fibrinausscheidungen darin hervorrufen konnte. Diese Beobachtungen sprechen dafür, dass auch bei Gegenwart von Blutkörperchen ein durch den Gerinnungsvorgang selbst bedingter Verbrauch des Gerinnungserregers eintreten kann und zwar dieses um so eher, je grösser die Masse der auszuscheidenden Substanz ist. Künstlich lässt sich auch immer wenigstens die Schwächung deutlich nachweisen. Man kann die letztere nicht von einer im Laufe der Zeit eingetretenen Fäulniss des angewandten Blutes ableiten; altes, ganz faules Blut wirkt, sofern man es vor der Einwirkung gewisser schädlicher Momente bewahrt hat, mit bedeutend grösserer Energie als ein viel jüngeres Blut, wenn letzteres bereits einen doppelten oder dreifachen Gerinnungsprocess durchgemacht hat.

Für die Deutung pathologischer Vorkommnisse ist es gewiss von Belange, dass man es eben mit zwei Gerinnungsfactoren zu thun hat und dass nicht alle Abweichungen im Gerinnungsverhalten des Blutes einseitig auf Veränderungen des einen Factors, des Faserstoffes, zu beziehen sind; es kann krankhaft eine Verminderung der fibrinoplastischen Energie des Blutes sich entwickeln und solche Fälle kommen gewiss vor; man kann sich aber auch eine abnorme Steigerung derselben denken.

Als die allgemeinste Form der Gerinnung muss die Schichtenablagerung gelten; dieselbe entzieht sich nur um so mehr der Beobachtung, je schneller der Process verläuft. Ich habe sie in allen Flüssigkeiten, vorausgesetzt, dass ihr Fibringehalt überhaupt gross genug war, um solche Unterscheidungen zu gestatten, beobachtet, wenn ich die Bedingungen einer langsamen Gerinnung herstellte und den Process nicht gewaltsam unterbrach. Selbst unter Anwendung von Blut habe ich bei einer Dauer des Processes von $^1/_2$—1 Stunde häufig dasselbe gesehen.

Man hat auch die leichte Zerfallbarkeit und Auflöslichkeit der in den Transsudaten auftretenden Gerinnsel als eine ihnen besonders zukommende Eigenschaft angesehen und mit daraus auf die Präexistenz chemisch verschiedener Faserstoffarten geschlossen. Es verhält sich mit diesen Unterschieden wie mit den anderen; aus einer und derselben Flüssigkeit kann man willkürlich sehr dauerhaften und leicht zerfallenden Faserstoff gewinnen. Bei successive fortschreitenden Ausscheidungen können die ersten einen ziemlichen Grad von Consistenz darbieten, während die letzten bei der leichtesten Bewegung zerfallen und ihre Trümmer sich bald auflösen. Diese Unterschiede sind nur begründet im physikalischen Moment der Dichtigkeit des ausgeschiedenen Fibrins[1]) und diese hängt eben gleichwie die Schnelligkeit der Ausscheidung in erster Instanz ab von der Grösse der fibrinoplastischen Einwirkung. Es ist begreiflich, dass in der grösseren Anzahl der Fälle die spontan entstandenen Gerinnsel der Transsudate diese Eigenthümlichkeit der leichten Zerfallbarkeit darboten; man findet aber auch die Angabe, dass sie sich in dieser Beziehung wie Blutfibrin verhalten haben.

4. Steigerung des Gerinnungsvorganges.

Es giebt Momente, welche, ohne sich an und für sich als Gerinnungserreger zu verhalten, den Gerinnungsprocess zu beschleunigen und die Ausscheidung eines relativ festen Faserstoffes herbeizuführen, d. h. die fibrinoplastische Einwirkung zu steigern vermögen. Solche Momente sind die Bewegung und die Wärme. — Niemals gelingt es, eine reine, d. h. spontan nicht gerinnende Flüssigkeit durch Schlagen zu Ausscheidungen zu bewegen[2]), aber dieselben zeigen sich bald, wenn entsprechende Erscheinungen über kurz oder lang auch in der Ruhe auftreten. Bei dem geringen Fibringehalt der meisten Transsudate ist das Schlagen übrigens gewöhnlich ein zu

---

1) Virchow, Gesammelte Abhandlungen, S. 92.

2) In einigen Fällen trat in den geschlagenen Flüssigkeiten die Fäulniss ein Paar Tage früher ein als in den nicht geschlagenen.

rohes Verfahren, um so mehr, wenn der der Flüssigkeit mitgetheilte Gerinnungsimpuls nur ein sehr schwacher ist; man zerstört dabei zugleich schon im Beginn die zarten Ausscheidungen. Ihre Entwickelung geht wegen der sanfteren Bewegung ungestörter von Statten, wenn man durch die Flüssigkeit einen langsamen Gasstrom leitet; es scheiden sich dann, bald während der Gasdurchleitung, bald einige Zeit später, entweder vereinzelte oder in einander verfilzte Fäden und Flocken aus, die sich von den in derselben Flüssigkeit in der Ruhe auftretenden Gerinnseln sehr durch ihre bedeutendere Zähigkeit, ihre viel geringere Zerfallbarkeit unterscheiden. Ich habe diese Erscheinungen zuerst bei Anwendung des Sauerstoffes beobachtet, aber jeder Gedanke an eine specifische Einwirkung dieses Gases wurde dadurch beseitigt, dass Wasserstoff und sogar Kohlensäure sich ebenso verhielten und dass ein Paar Tage später sich in dem bei Seite gestellten Rest der Flüssigkeit eine ganz schwache spontane Fibrinausscheidung einstellte, der keine zweite mehr nachfolgte. Auf den Vergleich mit dem in Ruhe befindlichen Theil der Flüssigkeit allein kann man sich übrigens nicht mit voller Sicherheit verlassen; ich habe nämlich zuweilen Flüssigkeiten aus Leichen erhalten, in welchen zwar bei Gasdurchleitung sich Ausscheidungen einstellten, aber nicht in der Ruhe; das Gerinnungsprincip war in denselben so schwach vertreten, dass sogar die gewöhnliche Zimmertemperatur zu niedrig war und den Process hemmte; brachte ich dann die Flüssigkeit in eine höhere Temperatur, gewöhnlich von 25—28°, so stellte er sich doch ein, war aber dann immer sehr geringfügig; solche Fälle waren übrigens selten. — Da die fibrinoplastische Energie des Blutes einer endlichen Grenze unterworfen ist, so muss die Bewegung, indem sie die Einwirkung steigert, ohne selbst eine Quelle für sie abgeben zu können, indem sie also einen vermehrten Verbrauch an fibrinoplastischer Substanz bedingt, auch andererseits eine relative Erschöpfung der eigentlichen Quellen des Gerinnungsprincips herbeiführen.[1]) Hieraus erkläre ich mir die

1) Manche Gründe machen es wahrscheinlich, dass es nicht so-

ausnahmslose und mir lange räthselhaft bleibende Thatsache, dass ausgeschlagenes Blut viel langsamere Gerinnungen bewirkt als ausgepresstes. Ich habe die betreffenden Vergleiche stets an solchem Blute angestellt, das von einem und demselben Thier gleichzeitig entnommen war; ich habe dazu frisches und altes Blut benutzt, stets mit demselben Erfolge. Es lässt sich kein bestimmtes Maass für die Differenzen angeben; häufig betrugen sie 1—2 Stunden, oft weniger, in einigen Fällen von ganz frischem Blute schrumpften sie auf $^1/_4$ Stunde zusammen; noch unbedeutendere Unterschiede habe ich nicht beobachtet.

Wie mit der Bewegung, so verhält es sich auch mit der Wärme; auch sie beschleunigt die Gerinnung und befördert die Bildung eines festen, consistenten Gerinnsels, aber niemals bringt sie an und für sich Fibrinausscheidungen zu Wege. Die Möglichkeit der Täuschung in dieser Hinsicht, die namentlich bei Leichenflüssigkeiten eintreten kann, vermeidet man am besten, wenn man zur Beobachtung concentrirte, möglichst reine Flüssigkeiten wählt und den gänzlichen Verbrauch eines etwaigen Gehaltes an fibrinoplastischer Substanz durch spontane Abscheidungen, die man durch eine geringe Temperaturerhöhung befördern kann, abwartet. Man erhält dann nach ein- oder mehrmaligem Abfiltriren zuletzt eine Flüssigkeit, welche bei Blutzusatz sich wie gewöhnlich verhält, aber durchaus nicht durch Temperaturerhöhung zum Gerinnen gebracht werden kann. Von Lebenden habe ich Transsudate erhalten, welche, insofern ein Blutzutritt bei der Operation vermieden worden war, von vorne herein durch Temperaturerhöhung gar

---

wohl das Moment der Bewegung als das der vielfachen Berührung mit einem fremden Körper ist, was den Gerinnungsprocess steigert. Auch die aufsteigenden Gasblasen können als fremde Körper gelten. Ist dieses richtig, so würde die Theorie von den gerinnungshemmenden Wirkungen der Gefässwandungen durch den Umstand keinen Stoss erleiden, dass fremde in den Blutstrom gebrachte Körper ohne Alteration der Gefässwände Fibrinausscheidungen bewirken; es fände eine locale Steigerung der fibrinoplastischen Einwirkung Statt, die das Maass der normalen Widerstände überschritte. Das kreisende Blut steht eben unter dem Einflusse von Wirkungen und Gegenwirkungen.

nicht verändert wurden und dennoch in hohem Grade fibrinös waren; dies war namentlich bei Hydroceleflüssigkeiten der Fall.

Die durch Temperaturdifferenzen bedingten Unterschiede im Gerinnungsverlaufe treten um so deutlicher auf, je kleiner der Blutzusatz oder je älter und geschwächter das Blut ist, beziehungsweise je grösser die in der Flüssigkeit selbst gesetzten Gerinnungswiderstände sind. Es handelt sich dann nicht um Eis- und Körpertemperaturen, es handelt sich um den Unterschied von wenigen Graden. In einem geheizten Zimmer bei Benutzung der Umgebung des Ofens und des Fensterbrettes erhielt ich Differenzen in den Gerinnungszeiten, die sich nach Stunden abmessen liessen; in einem Zimmer von 17° gerann eine Flüssigkeit in 5 Minuten, die es in einem anderen von 13° cet. par. erst in 20 Minuten that. Bei Versuchen mit altem Blute habe ich nie eine andere Temperatur in Anwendung gebracht als die im Laboratorium in der Umgebung eines geheizten eisernen Schrankes herrschende, die sich ziemlich constant auf 25—30° belief; hier erhielt ich Fibrinausscheidungen in einigen Stunden in denselben Mischungen, in welchen sie sich bei einer durchschnittlichen Zimmertemperatur von 10—13° erst nach 1—2 Tagen einstellten. Es kam auch bei künstlichen Gerinnungsversuchen der bei Gelegenheit der spontanen Fibrinausscheidungen angeführte Fall vor, dass die Gerinnung wegen zu grosser Schwäche der fibrinoplastischen Einwirkung bei gewöhnlicher Temperatur gar nicht eintrat, sondern nur, wenn auch bisweilen erst nach 24—48 Stunden bei erhöhter. — Um den Einfluss zu beobachten, welchen noch höhere Wärmegrade auf den Gerinnungsvorgang ausübten, und um dabei möglichst genau und vergleichend zu verfahren, erwärmte ich Transsudat und frisches Rinderblut, jedes für sich im Wasserbade und mischte sie, nachdem sie gewisse Temperaturhöhen erreicht hatten, zusammen, jedes Mal natürlich in derselben Proportion der Mischungsbestandtheile. In dieser Weise beobachtete ich den Gerinnungsvorgang in verschiedenen Flüssigkeiten bei 15°, 25°, 35°, 45°, 55° und 65°. Bei 35° verlief der Process durchschnittlich 5—10 Mal schneller als bei 15°, dabei war dort das Gerinnsel um die Hälfte kleiner

aber im entsprechenden Grade fester als hier. In noch höherer Temperatur bei 45° trat dasselbe ein, was ich nach einem zu starken Blutzusatz bei gewöhnlicher Temperatur beobachtet hatte, die Flüssigkeit gerann scheinbar gar nicht, indem aller Faserstoff, wenige Momente nach dem Zusammenmischen, sich in Form eines kleinen, am Boden des Gefässes liegenden Klümpchens ausgeschieden hatte. Bei einem sehr wässerigen peritonealen Transsudate von 1,4% Alb. sah ich dieses schon bei 35° eintreten. Eine Temperatur von 55° schien aber wirklich einen nachtheiligen Einfluss auf den Gerinnungsvorgang auszuüben, in dem erst nachträglich, nach dem Erkalten, Fibrinausscheidungen eintraten und zwar sehr unbedeutende, leicht zerfallende. Bei 65° blieb die Gerinnung ganz aus, ebenso bei 60°. Aber der Grund zu dieser letzteren Erscheinung liegt nicht in einer durch die hohe Temperatur bedingten Zerstörung der fibrinoplastischen Substanz des Blutes, es ist vielmehr die Gerinnbarkeit der fibrinösen Substanzen, die dadurch aufgehoben wird. Blut, welches schnell auf 45° erwärmt worden war, zeigte nach dem Erkalten keine Veränderung in Bezug auf sein Verhalten gegen normale, nicht erwärmte Transsudate, aut 55° erwärmtes Blut zeigte sich zwar schon geschwächt, die Wirkung verspätete sich meist um 1/2 Stunde, bei Anwendung einer Temperatur von 65° betrug die Verspätung mehre Stunden, aber selbst bis auf 70° erwärmtes Blut erwies sich noch als wirksam. Dagegen verlor jede fibrinöse Flüssigkeit, Ein Mal auf 60° erwärmt, ihre Gerinnbarkeit ganz und zwar ohne sich dabei äusserlich sichtbar zu verändern. Es muss der verändernde Einfluss höherer Wärmegrade auf die fibrinogene Substanz an eine ziemlich scharfe Grenze gebunden sein; eine Temperatur von 45° übt, wie sich nach dem Erkalten zeigt, gar keinen nachtheiligen Einfluss auf ihre Gerinnbarkeit aus, bei 50 und 55° erschien dieselbe bald mehr oder weniger herabgesetzt, bald auch gar nicht, aber bei 60° war sie jedes Mal ganz geschwunden.

5. Verlust der Wirksamkeit des Blutes.

So gross die Energie ist, mit welcher ganz frisches, wo möglich noch aus dem warmen Cruor gepresstes Blut fibrinöse Substanzen gerinnen macht, so schnell nimmt dieselbe beim Stehen an der Luft ab und zwar um so schneller, je mehr man den Contact mit der letzteren befördert. Man braucht nur Blut, dessen Wirksamkeit man unmittelbar nach dem Auspressen geprüft hat, einige Stunden in einer offenen flachen Schale bei gewöhnlicher Zimmertemperatur stehen zu lassen, um die bedeutende Schwächung, welche es dadurch erlitten hat, zu erfahren. Rinderblut, das in ganz frischem Zustande in ein Paar Minuten Gerinnung bewirkte, bedurfte dazu, nachdem es 24 Stunden in einer flachen Schale bei 13—15° gestanden hatte, eines Zeitraums von 1—1½ Stunden. Bei Pferdeblut stellte sich unter denselben Bedingungen gewöhnlich das Verhältniss von 10 Minuten zu 3—4 Stunden heraus. Dabei sind die durch abgestandenes Blut erzeugten Gerinnsel immer sehr unvollkommen entwickelt, bei fibrinreichen Flüssigkeiten findet häufig nur eine partielle Ausscheidung Statt und man ist genöthigt, noch viel länger zu warten, ehe sie erschöpfend geworden ist. Von Tag zu Tage wird die Schwächung des Blutes grösser, zuletzt gerinnen die Gemenge in gewöhnlicher Temperatur gar nicht mehr, sondern nur in erhöhter. Dennoch dauert es 6—10 Tage, ehe, trotz des Contactes mit der atmosphärischen Luft, das Blut sich vollkommen unwirksam erweist. Je nachdem ich das Blut in dünnen oder dicken Schichten in einer Schale oder in einem Cylinderglase aufbewahrte, stellten sich wiederum Differenzen in den Gerinnungszeiten heraus, die nach Verlauf einiger Tage eine oder mehre Stunden betrugen. Pferdeblut, welches ich in einem bis zum Rande gefüllten Reagensglase in Zimmertemperatur aufbewahrte, hatte nach 3 Wochen seine Wirksamkeit noch nicht ganz verloren. Bei gänzlicher Absperrung der atmosphärischen Luft ist es mir überhaupt gar nicht gelungen, ein vollkommen unwirksames Blut zu erhalten. In luftdicht verschlossenen und versiegelten Fläschchen in gewöhnlicher Tem-

peratur aufbewahrtes Blut erzeugte auch nach Verlauf von 5 bis 7 Wochen Gerinnungen und zwar verhältnissmässig schnell, durchschnittlich in 3—6 Stunden. Aber man mag noch so vollkommen die Luft absperren, das Ein Mal ausgepresste Blut erhält sich in Bezug auf seine fibrinoplastische Wirksamkeit doch niemals so gut, als wenn es bis zum Moment der Benutzung im Kuchen gelassen worden ist; es muss hier ein anderer günstiger Umstand ausser der blossen Luftabsperrung hinzukommen. Blut von einem Schweine 10 Tage lang bei 10—13° im Cruor und in einer wohl verkorkten und versiegelten Flasche aufbewahrt, wirkte in 10 Minuten, resp. $2^1/_2$ Stunden. So konnte ich mit einem und demselben Blute sehr lange operiren, indem ich den Kuchen unter dem eigenen Serum an einem kühlen Orte aufbewahrte und zu jedem einzelnen Versuche ein kleines Stück desselben abriss und mit der Hand auspresste. Allerdings zeigte sich auch dann eine allmählige Schwächung des Blutes, man muss von Zeit zu Zeit, um die gleiche Wirkung zu erzielen, den Blutzusatz vergrössern, aber selbst nach Verlauf von 4—8 Wochen bedurfte solches Blut zu 1 Theil mit 2 Theilen Transsudat gemengt, nicht mehr als 10—20 Minuten zur Aeusserung seiner Wirksamkeit.

Es giebt ausser der atmosphärischen Luft noch einen anderen, die fibrinoplastische Substanz des Blutes schnell zerstörenden Factor, die Wärme. Eine schnell vorübergehende Temperaturerhöhung übt, wie ich bereits angeführt, selbst wenn sie 50° erreicht, keinen nachtheiligen Einfluss auf das Blut, aber eine länger dauernde Einwirkung einer Temperatur von nur 15—25°, setzt in demselben Maasse die gerinnungerzeugende Kraft des Blutes herab, wie sie den Gerinnungsprocess selbst steigert. Frisches in ein Reagensglas gefülltes und 24 Stunden einer Temperatur von 28° ausgesetztes Blut wirkte erst nach Verlauf von 4—6 Stunden; nahm ich zu diesen Versuchen statt des Reagensglases ein flaches Gefäss, so schwand die Wirksamkeit des Blutes in 1—3 Tagen gänzlich. Andere Proben desselben Blutes, ebenso lange bei 4—8° aufbewahrt, wirkten fast mit ungeschwächter Energie, d. h. in

wenigen Minuten. Ueberhaupt stellte sich in so niedriger Temperatur eine bemerkbare Schwächung des der Lufteinwirkung exponirten ausgepressten Blutes erst nach Verlauf von einigen Tagen, selbst von einer Woche ein. Man darf sich dadurch nicht täuschen lassen, es existirt auch hier eine ziemlich scharfe Grenze, da bei einer nur wenig höheren Temperatur von 10—12° die nachtheiligen Einflüsse sich sehr bald geltend machen[1]); aber auch in diesen anderen Temperaturen treten die durch die Art der Aufbewahrung bedingten Unterschiede dann endlich doch ein. Ich fing Rinderblut in 2 Gefässen auf, presste den einen Kuchen aus und füllte mit seinem Inhalte ein Porcellanschälchen, ein sehr schmales Reagensgläschen und eine Flasche, welche letztere ich verkorkte und versiegelte. Alle drei nebst dem anderen heilen Blutkuchen liess ich 5 Wochen in einer zwischen 2° und 5° schwankenden Temperatur stehen. Zu je 15 Tropfen zu 25 Tropfen Hydrocelefüssigkeit gesetzt, verhielten sich die Gerinnungszeiten folgendermaassen: Blut aus dem Cruor 20 Minuten, aus dem Fläschchen 1½ Stunden, aus dem Reagensglase 2 Stunden; das im Porcellanschälchen aufbewahrte Blut war vollkommen unwirksam geworden.[2]) Diesen Erfahrungen gemäss übt auch Gefrieren des Blutes gar keinen Einfluss auf seine fibrinoplastische Energie aus.

Wie das Blut verhält sich in allen obigen Beziehungen auch das Serum; nur machen sich hier, entsprechend der ge-

---

1) Bedenkt man, dass durch niedere Temperaturen einerseits der Gerinnungsvorgang gehemmt, andererseits die fibrinoplastische Wirksamkeit des Blutes erhalten wird, so springt die Congruenz obiger am faserstofffreien Blute gemachten Erfahrungen mit folgender Angabe Brücke's in die Augen: „Die Zeit, während welcher das Blut flüssig bleibt, nimmt mit steigender Temperatur langsam ab bis 10° C., von da ab aber rascher.“ (Archiv für pathol. Anatomie u. Physiologie. 1857, S. 83.) Also hier dieselbe Grenze.

2) Es ist aus leicht zu ersehenden Gründen schwer, mit absoluter Sicherheit von einer vollkommenen Unwirksamkeit des Blutes zu reden; ich habe dieselbe dort angenommen, wo in den Flüssigkeiten bis zum Eintritt der Fäulniss keine Spuren einer Gerinnung sichtbar wurden.

ringeren Wirksamkeit die schädlichen Einflüsse von Luft und Wärme in höherem Grade geltend. — Alle durch die verschiedenen Arten oder die verschiedene Behandlung des Blutes bedingten Differenzen schrumpften übrigens auf ein um so kleineres Maass zusammen, je mehr man den künstlich bewirkten Gerinnungsvorgang selbst durch Temperaturerhöhung steigert.

Es ist unumgänglich nothwendig, diese Verhältnisse namentlich bei vergleichenden Versuchen zu berücksichtigen; die zu vergleichenden Substanzen müssen genau von gleichem Alter, in gleicher Temperatur und in Gefässen gleicher Form aufbewahrt worden sein. So werden leicht gerinnende Transsudate durch ganz frisches Rinderblutserum durchschnittlich in 10—20 Minuten zum Gerinnen gebracht, also immerhin 5—20 Mal langsamer als durch ebenso frisches Rinderblut; vergliche man jedoch solches Serum mit Blut, das bereits einen Tag lang oder gar noch länger im Zimmer gestanden, so fände man leicht das umgekehrte Verhältniss.

Ich liess Blut in dünne Schichten bei einer Temperatur von 0—3° eintrocknen. In 2—3 Tagen, bevor noch eine fibrinoplastische Schwächung desselben eingetreten sein konnte, war es in eine harte, hornartige Masse verwandelt; dieselbe wurde, nachdem ich noch einige Tage gewartet hatte, so spröde, dass ich sie zu einem feinen Pulver zerreiben konnte. Es scheint, dass das Blut im getrockneten Zustande seiner Fähigkeit, Gerinnung zu erzeugen, überhaupt gar nicht verlustig geht. Ich brachte etwas von jenem Pulver in 1 Ccm. Liquor pericardii und sorgte durch Umrühren und Schütteln für Vertheilung des Pulvers in der Flüssigkeit; nach einer Stunde war letztere vollkommen geronnen, das Gerinnsel schloss alle festen Partikel in sich ein, bald contrahirte sich die Placenta und schied ein ganz klares durchsichtiges, aber durch ausgetretenes Hämatin schön roth gefärbtes Serum aus. Nach zwei Monaten gab mir der nicht pulverisirte Rest jenes getrockneten Blutes, das ich nun bei gewöhnlicher Temperatur aufbewahrt hatte, dasselbe Resultat, ebenso nach 3½ Monaten. Wie das Pulver verhielt sich auch das filtrirte Wasserextract desselben. Es war jedoch eine bedeutende Menge wieder auf-

gelöstes Serumeiweiss in das Filtrat übergegangen; ich füllte ein Uhrschälchen mit demselben und brachte es in's Vacuum über Schwefelsäure, der Rückstand betrug etwa $^2/_3$ des Uhrschälchens. Um das Serumalbumin bis zur möglichst vollkommenen Unlöslichkeit zu trocknen und dann die Substanz noch ein Mal mit Wasser zu extrahiren, liess ich das Schälchen 6 Wochen im Vacuum über Schwefelsäure stehen; ich erhielt so eine poröse, zwischen den Fingern leicht zu einem feinen und weichen Pulver zu zerreibende Masse, die sich jedoch mit grosser Leichtigkeit, ohne einen Rückstand, selbst ohne Trübungen zu hinterlassen, in destillirtem Wasser wieder auflöste; die Lösung verhielt sich gegen fibrinöse Substanzen wieder ganz wie das ursprüngliche Filtrat. Es ist mir aber eben auf diesem Wege nicht gelungen, das Mithinübergehen des Serumeiweisses in die Lösungen oder die Trennung desselben von der supponirten fibrinoplastischen Substanz zu bewerkstelligen. Und doch sprechen andere Erfahrungen, auf die ich später zurückkommen werde, dafür, dass die fibrinoplastische Wirkung nicht nothwendig an die Gegenwart von gelöstem Serumeiweiss gebunden ist.

Einige Versuche mit dem Wasserextracte von Blutasche gaben negative Resultate.

6. Die Kohlensäure.

Ich habe bereits die am Chylus und am Blute gemachten Erfahrungen mitgetheilt, aus welchen ich schliessen musste, dass der Kohlensäuregehalt dieser Flüssigkeiten einen hemmenden Einfluss auf ihre Gerinnung ausübe; es fragte sich nun, wie hoch dieser Einfluss unter normalen Verhältnissen im arteriellen sowohl als im venösen Blute anzuschlagen und ob derselbe auf die fibrinoplastische oder auf die fibrinogene Substanz zu beziehen sei, ob die Wirksamkeit der ersteren oder die Gerinnbarkeit der letzteren durch die Kohlensäure vermindert werde. — Ersteres anbelangend, ging aus allen Versuchen hervor, dass der Widerstand, den die Kohlensäure der Gerinnung entgegen zu setzen vermag, immer nur ein verhältnissmässig sehr schwacher, so lange das angewandte Blut in

fibrinoplastischer Beziehung nur noch einiger Maassen kräftig ist. In einer Reihe von Versuchen sättigte ich arterielles Rinderblut mit Kohlensäure, während ich andere Portionen desselben Blutes ihres natürlichen Kohlensäuregehaltes durch Durchleiten von Sauerstoff und Wasserstoff möglichst zu berauben suchte und bestimmte dann durch den Vergleich mit dem normalen Blute die durch den veränderten Gasgehalt bedingten Abweichungen im fibrinoplastischen Verhalten des Blutes. Aber das Blut ist gar nicht im Stande, so viel Kohlensäure aufzunehmen, als nöthig wäre, um seine Wirksamkeit im frischen Zustande erheblich herabzusetzen. Die Gerinnung erfolgte gewöhnlich ganz gleichzeitig mit der durch normales Blut bewirkten, höchstens fand ich zuweilen eine Verzögerung von kaum $^1/_4$ Minute; das durch kohlensäurereiches Blut erzeugte Gerinnsel zeichnete sich jedoch abgesehen von seiner dunkleren Färbung durch seine grössere Weichheit aus; es schloss selten alle färbenden Elemente in sich ein und schwamm gewöhnlich als schlaffer Klumpen in der Flüssigkeit, wenn durch Einwirkung normalen Blutes ein fest an der Wandung anhaftendes Coagulum entstanden war. Die Unterschiede entsprachen also ganz denjenigen, die den Gerinnungsvorgang im arteriellen und im venösen Blute charakterisiren. Da die grösstmögliche Vermehrung der Kohlensäure im Blute nur ein so geringes Hinderniss für die Gerinnung abgab, so konnte auch die durch Sauerstoff- oder Wasserstoffdurchleitung herbeigeführte Verminderung des ursprünglichen Kohlensäuregehaltes nicht bemerkbar den Process befördern. Nur in Betreff der Consistenz des Gerinnsels wnrden die bezüglichen Differenzen sichtbar.

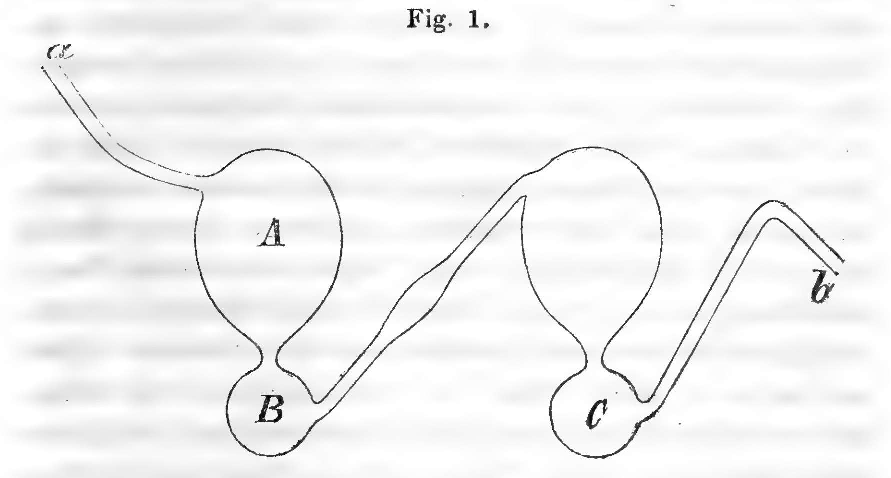
Der Widerstand, den die Kohlensäure der Gerinnung entgegensetzt, tritt aber um so entschiedener hervor, je mehr die fibrinoplastische Energie desselben verloren gegangen ist. Leitete ich Kohlensäure durch solches defibrinirtes Blut, welches bereits einige Zeit der Einwirkung der atmosphärischen Luft exponirt gewesen war, so bewirkte ich dadurch eine sehr deutliche Verzögerung der Gerinnung, die häufig 20—30 Minuten betrug; nahm ich dagegen zu diesen Versuchen Blut,

das 2—4 Wochen in einer luftdicht verschlossenen Flasche gestanden, wo also neben der fibrinoplastischen Abschwächung eine Anhäufung von Kohlensäure stattgefunden hatte, so konnte ich durch Durchleiten von Sauerstoff oder Wasserstoff die fibrinoplastische Wirkung desselben um eben so viel beschleunigen. Diesen Erfahrungen am schwach wirkenden Blute entspricht die Thatsache, dass die Kohlensäure die Gerinnung des Chylus so bedeutend zu verzögern vermag. Wie der Chylus verhält sich gegen Kohlensäure auch der Eiter, der ja gleichfalls nur eine geringe fibrinoplastische Energie besitzt. Nach Behandlung mit Kohlensäure betrug die Verspätung der durch Eiter bewirkten Gerinnung 40 Minuten; durch Behandlung mit Sauerstoff und Wasserstoff wurde sie um 20 Minuten beschleunigt. — Alle diese Angaben haben nur Bedeutung, insofern sie sich auf Vergleiche beziehen, die unter sonst gleichen Verhältnissen angestellt worden sind; mit der Aenderung der letzteren ändern sich natürlich auch die Differenzen, sie verschwinden um so mehr, je grösser der Blutzusatz ist. Weil das Blut nur ein beschränktes, seinem Volum entsprechendes Quantum an Kohlensäure aufzunehmen vermag, so gestalten sich die Verhältnisse für die Gerinnung noch ungünstiger, wenn man statt des Blutes die fibrinöse Flüssigkeit mit Kohlensäure sättigt und nun eine möglichst geringe Menge Blut, etwa 1 Tropfen auf 2 Ccm. zusetzt. Auf diese Weise ist es mir gelungen, selbst wenn das Blut frisch war, die Gerinnung um $^1/_2$ — $1^1/_2$ Stunden zu verlangsamen. Auch bei dieser Methode bedurfte es jedoch der äussersten Grade der Bluterschöpfung, um durch Kohlensäure die Gerinnung ganz hintanzuhalten.

Wendet man diese Erfahrungen auf das aus der Ader gelassene Blut an, so kann man unmöglich von dem Kohlensäuregehalt desselben, auch wenn gar keine Verluste in dieser Beziehung stattfänden, eine bedeutende Hemmung der Gerinnung erwarten; solche Verhältnisse, wie sie sich künstlich zur Steigerung der Kohlensäureeinwirkung herstellen lassen, kommen im normalen Blute nicht vor. Die fibrinoplastische Energie desselben ist vielmehr eine sehr grosse und gewiss ist sie

in dem unmittelbar aus dem Körper kommenden, noch nicht geronnenen Blute viel bedeutender noch, als sie sich später in dem ausgepressten Blute erweist. Man kann von dem verschiedenen Kohlensäuregehalt wohl die geringen Differenzen ableiten, die sich bei der Gerinnung des arteriellen und venösen Blutes herausstellen, man kann die von diesem Gase abhängigen Gerinnungswiderstände dadurch steigern, dass man durch luftdichten Abschluss der spontan gerinnenden Flüssigkeiten jeden Gasverlust behindert, und man versteht dann auch, warum eine solche Behandlung die Gerinnung des Chylus in höherem Grade beeinträchtigt, als die des Blutes, aber man kann unmöglich, wie es Scudamore gethan hat, in dem Entweichen der Kohlensäure die Ursache der Gerinnung erblicken, was so viel heissen würde, als dass dieses Gas das Blut im Körper flüssig erhielte. Um auch letzterem Umstande, der Entweichung des Gases, zuvorzukommen, stellte ich einige Versuche mit dem in Fig. 1 abgebildeten Glasapparate an, des-

Fig. 1.



sen Construction ich Herrn Prof. Hoppe verdanke. Die Spitze a tauchte ich in frisch ausgepresstes Schweineblut und sog von b aus ein Paar Ccm. desselben in die Kugel A, kehrte darauf den Apparat um, so dass das Blut nach B hinüberfloss und füllte dann in umgekehrter Richtung saugend, die Kugel C mit der fibrinösen Flüssigkeit. Der Apparat wurde nun mit den kleinen Kugeln nach unten aufgestellt und ein langsamer Strom von Kohlensäure $2^1/_2$ Stunden lang in der Richtung von b nach a durch die Flüssigkeiten geleitet.

Darauf wurden die beiden Röhren a und b bei fortgehendem Gasstrom rasch zugeschmolzen und durch vorsichtiges Neigen des Apparates das Blut von B nach C hinübergeleitet; letzteres geht namentlich bei enger Verbindungsröhre meist schwierig von Statten, man kann jedoch den Uebertritt des Blutes dadurch beliebig befördern und mässigen, dass man die Kugel A mit der Hand erwärmt, resp. sich abkühlen lässt. Ich liess immer nur wenige Tropfen Blutes hinübergehen. Die Flüssigkeiten waren nun möglichst mit Kohlensäure gesättigt, sie befanden sich ganz in einer Atmosphäre von diesem Gase; dennoch trat Gerinnung ein, meist nach Verlauf von $^1/_2$—1 Stunde. Wenn ich die angewandten Flüssigkeiten in denselben Verhältnissen der Quantitäten, ohne vorherige Behandlung mit Kohlensäure, in einem offenen Gefäss zusammenbrachte, so geronnen sie in circa 5—15 Minuten.

Nach Brücke's Angabe tritt die Gerinnung des Blutplasma, wenn sie ein Mal durch verdünnte Essigsäure auf einige Stunden behindert worden ist, nachträglich beim Neutralisiren der Essigsäure mit Ammoniak nicht mehr ein. Bei sehr hochgradiger Verdünnung, wenn ich concentrirte Essigsäure mit dem 25—35fachen Volum destillirten Wassers versetzte, fand ich jedoch, dass die Wirkung ganz der der Kohlensäure entsprach; der Process wurde nur verlangsamt, freilich in höherem Maasse als durch die Kohlensäure; einige Tropfen einer solchen Essigsäurelösung zu 1—2 Ccm. einer fibrinösen Mischung gesetzt, verzögerte die Gerinnung immerhin um 1—3 Stunden. Aber man hat es in seiner Hand, die Bedingungen so zu stellen, dass beide Säuren ganz das gleiche Resultat geben. Ich glaube daher, dass diese beiden Säuren sich in Bezug auf ihr Verhalten gegen gerinnende Substanzen nicht qualitativ, sondern quantitativ von einander unterscheiden; die Kohlensäure ist eben eine viel schwächere Säure, auch sie vermag ja unter Umständen die Gerinnung gänzlich zu behindern. In Betreff der Phosphorsäure erwähne ich, dass es bei gleicher Verdünnung grösserer Quantitäten derselben bedurfte, um denselben Effect zu erzielen, wie durch Essigsäure.

In welche Verbindungen nun auch die Kohlensäure im

Blute treten mag, es liegt am Nächsten, sich von dem Gerinnungshemmniss, das sie abgiebt, die Vorstellung zu machen, dass ihr, in letzter Instanz wenigstens, ein verändernder Einfluss auf einen der beiden Gerinnungsfactoren zusteht. Man kann jedoch mit Kohlensäure behandeltem Blute seine ursprüngliche Wirksamkeit wiedergeben, wenn man die Kohlensäure durch andere Gase wieder austreibt; das Analoge habe ich bei Versuchen mit verdünnter Essigsäure gefunden, wenn ich sie nachträglich durch verdünntes Ammoniak neutralisirte; es ist nur nöthig, hierbei sehr genau zu verfahren, damit kein Ueberschuss von Ammoniak in der Flüssigkeit bleibt. Man kann danach annehmen, dass der eigentliche Angriffspunkt für diese Säuren in der fibrinogenen Substanz liege; ich setzte daher gerinnbare Flüssigkeiten ihrer Einwirkung aus, allein auch hier stellen sich nach ihrer Entfernung oder Neutralisirung die ursprünglichen Verhältnisse, d. h. die frühere Gerinnbarkeit wieder ein. Bei dieser Gleichheit der Resultate liess sich auf diesem Wege wenigstens nicht entscheiden, worauf die Wirkung der Säuren zu beziehen sei. Jedenfalls ist, wenn einer der Gerinnungsfactoren durch sie verändert wird, diese Veränderung keine wesentliche, bleibende.

7. Der Sauerstoff.

Noch entschiedener als aus den Erfahrungen am Chylus musste ich aus dem Verhalten der Transsudate die Ueberzeugung gewinnen, dass der Sauerstoff der atmosphärischen Luft beim Gerinnungsvorgange unbetheiligt bleibt. Wenn Flüssigkeiten, die unter Umständen ganz wie Blut oder Chylus gerinnen, wochenlang an der Luft stehen können, ohne sich im mindesten zu verändern, wie soll da die Luft die eigentliche Gerinnungsursache sein? Alle Gründe, die für eine Sauerstoffeinwirkung sprechen können, sind nur scheinbare; so wenn das bei längerem Aufenthalte in unterbundenen lebenden Herzen seines Sauerstoffes zur Bildung von Kohlensäure beraubte Blut sehr langsam gerinnt; hier ist es nicht das Fehlen des Sauerstoffes, sondern die Anhäufung der Kohlensäure, die meiner Ueberzeugung nach zugleich mit einer fibrinoplastischen

Schwächung des Blutes complicirt ist, was diesen Effect bedingt. Ebenso verhält es sich mit der Beobachtung, dass bei der Punction seröser Höhlen häufig Flüssigkeiten entleert werden, die mehr oder weniger schnell an der Luft gerinnen, obgleich sie im Körper bis zuletzt und zwar oft während eines sehr langen Bestandes flüssig blieben; hier ist es der durch die Operation selbst bedingte Blutzutritt, der bis jetzt keine Berücksichtigung gefunden hat.[1])

Je besser der Blutzutritt vermieden worden ist, desto seröser ist scheinbar die Flüssigkeit, desto fibrinöser ist sie aber in Wahrheit. Wenn die fibrinoplastische Energie des Blutes auf seinem bedeutenden Sauerstoffgehalt beruhte, so müsste man annehmen, dass der Grad der Einwirkung des Blutes in directem Verhältnisse stände zu der Menge des darin enthaltenen Sauerstoffes, man müsste die Wirkung beliebig steigern oder herabsetzen können, indem man dem Blute Sauerstoff zuführt oder entzieht. Dieses ist keineswegs der Fall. Ausgeschlagenes Blut ist immer viel heller roth, also sauerstoffreicher, als ausgepresstes und wirkt doch langsamer; lässt man dunkles ausgepresstes Blut einige Stunden oder Tage an der Luft stehen, so wird es durch Sauerstoffaufnahme hellroth, büsst aber gleichzeitig seine fibrinoplastische Energie ein; dagegen erhält sich dieselbe sehr lange in luftdicht verschlossenem

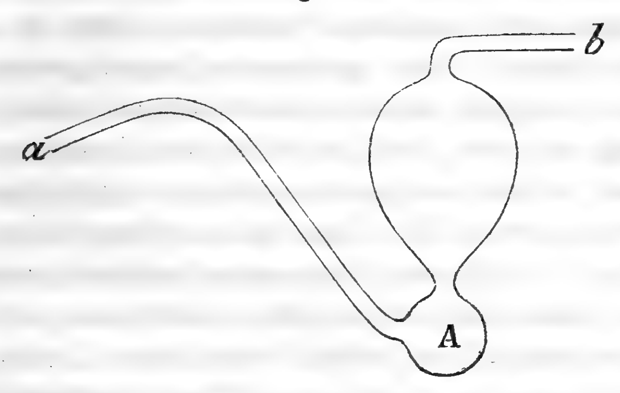
---

1) In Virchow's gesammelten Abhandlungen finden sich 4 Fälle beschrieben (S. 96, 109, 111 u. 115), wo flüssige Exsudate mehr oder weniger schnell nach ihrer Entleerung aus dem Körper gerannen. Unter diesen 4 Fällen wird von 2 ausdrücklich angegeben, dass sie leicht blutig gefärbt gewesen, von 2 heisst es wenigstens, dass sie Blutkörperchen enthalten hätten. Zwei dieser Flüssigkeiten stammten ausserdem aus Leichen, von welchen die eine 36 Stunden nach dem Tode secirt wurde, die andere, nach 14 Stunden geöffnete, einem unter den Erscheinungen des Skorbuts Verstorbenen angehörte. Ich muss ferner bemerken, dass das Blut noch langsamere Gerinnung zn bewirken vermag, wenn man es in so geringer Quantität zusetzt, dass es nur eine sehr wenig bemerkbare blutige Färbung bedingt; in übelriechenden, mit Zersetzungsproducten geschwängerten Flüssigkeiten bewirken selbst grössere Blutmengen nichts mehr als eine Missfärbung; dennoch erfolgt Gerinnung.

Blute, selbst wenn es bereits schwarz geworden, obgleich der Sauerstoff während der Zersetzung verbraucht wird und kein Ersatz stattfinden kann. Es hat häufig den Anschein, als könne man durch Sauerstoffdurchleitung die Wirksamkeit des Blutes erheblich steigern; ich habe bereits angegeben, dass mir dieses nur bei altem, sehr kohlensäurereichem Blute vorgekommen ist. Dass diese Wirkung des Sauerstoffes nur eine scheinbare, negative ist, wurde, abgesehen davon, dass ich denselben Effect auch durch Wasserstoffdurchleitung erzielen konnte, auch dadurch bestätigt, dass evacuirtes Blut seine fibrinoplastische Wirksamkeit nicht im mindesten eingebüsst hatte. Ich füllte zu dem Zwecke die Kugel A des Glasapparates Fig. 2 zur Hälfte mit frischem Blute, schmolz dann die



Fig. 2.



schmale Röhre a zu und verband die Röhre b durch einen Kautschukschlauch mit einer Luftpumpe. Wenn beim Auspumpen die Blasenbildung träge wurde, stellte ich den Apparat in ein Wasserbad von 45°. Das Aufkochen wird dann wieder sehr heftig und ich musste ausserordentlich vorsichtig verfahren, um das Hinübertreten der Flüssigkeit in die Luftpumpe zu verhüten. Nach dem Aufhören der Blasenbildung, wobei das Blut schwarz und theerartig geworden war, wurde die Röhre b in ihrer Mitte zugeschmolzen. Das seiner Gase beraubte Blut konnte so bis zum Momente des Versuches im luftleeren Raume aufbewahrt werden. Dann wurden die Spitzen a und b rasch abgebrochen und beliebige Quantitäten Blut durch Lufteinblasen zum Transsudat gespritzt. Die Gerinnung erfolgte ebenso schnell, wie

die durch das ursprüngliche Blut bewirkte, unter 5 Fällen 2 Mal sogar um einen Moment schneller, was, wenn nicht ein Fehler beim Abmessen der Quantitäten stattgefunden hatte, sich wohl aus der gleichzeitigen Entfernung der Kohlensäure erklären lässt. Allerdings kam das Blut vom Moment seiner Ausspritzung an wieder mit der Luft in Berührung, die Blutkörperchen konnten den Verlust an Sauerstoff wieder ersetzen, aber dieses geschieht nur sehr langsam, das Blut bleibt stundenlang schwarz, es müsste sich also wenigstens eine bedeutende Verlangsamung der Gerinnung herausstellen; dieselbe fand jedoch in wenigen Minuten Statt, das Coagulum war gleichfalls schwarz und röthete sich erst nachträglich und langsam. Mit Rücksicht auf diesen Einwand stellte ich aber den Versuch auch noch in anderer Weise an. Ich setzte dazu die Bedingungen einer langsamen Gerinnung, indem ich zu etwa 12 Ccm. filtrirten, leicht gerinnenden Liquor pericardii von 2% Alb. 3 Tropfen frisches Rinderblutserum brachte; gleich darauf sog ich einen Theil der Flüssigkeit in obigen Glasapparat und verfuhr nun ganz so wie bei der Evacuation des Blutes; den anderen Theil liess ich im offenen Glase an der Luft stehen. Bei gleicher Temperatur trat die Gerinnung sowohl im Glasapparat als im offenen Gefäss ein und zwar in beiden gleichzeitig, beim ersten Versuch nach 8, beim zweiten nach 14 Stunden; aber das Gerinnsel im Glasapparat war undeutlicher und schwächer entwickelt; dieses lag jedoch, wie ich aus anderen Versuchen ersehen konnte, nur in der durch die Evacuation mitbedingten Concentrirung der fibrinösen Flüssigkeit ohne gleichzeitige Steigerung der fibrinoplastischen Einwirkung. — Nach Hiss kann man das Blut durch Durchleiten von Kohlenoxydgas vollkommen seines Sauerstoffgehaltes berauben. Ich habe eine Glasglocke von ungefähr 4 Liter mit diesem Gase gefüllt und diese ganze Masse durch ein Reagensglas voll frischen, zufällig sehr dunklen Blutes geleitet; die dunkle Farbe machte bald der durch Kohlenoxyd bedingten hellrothen Platz, aber die durch dieses Blut herbeigeführte Gerinnung war nicht blos nicht verlangsamt, sondern sogar um einige Augenblicke beschleunigt und das Coagulum auffallend

fest; das Resultat war also dasselbe, wie nach Behandlung von kohlensäurereichem Blute mit Sauerstoff oder Wasserstoff.

Der indifferente Sauerstoff ist es demnach gewiss nicht, dem die fibrinoplastische Einwirkung zugeschrieben werden kann; man könnte in Betreff derselben nur noch an einen in innigerer Verbindung im Blute existirenden und durch die obigen Methoden nicht zu entfernenden Rest dieses Gases denken. Manche Thatsachen erinnern an das Ozon. Ich zersetzte Baryumhyperoxyd in Wasser durch Durchleiten von Kohlensäure. Die nach dem Niedersinken der festen Bestandtheile von oben abgehobene Flüssigkeit gab auf Jodstärkepapier die gewöhnliche Ozonreaction. Das so dargestellte Wasserstoffhyperoxyd übte wenigstens auf fibrinöse Substanzen keinen coagulirenden Einfluss aus; dagegegen vernichtete es sehr schnell die fibrinoplastische Wirksamkeit des Blutes. Ich mischte 2 Theile Rinderblut mit 1 Theil dieses Wassers, eine andere Portion desselben Blutes verdünnte ich in derselben Proportion mit destillirtem Wasser. Bei dem unmittelbar nach dem Ozonzusatz angestellten vergleichenden Versuche ergab sich keine Differenz in der Gerinnungszeit; nach 2 Stunden betrug dieselbe jedoch schon eine halbe Stunde; am folgenden Tage wirkte das gewässerte Blut in einer Stunde, das ozonhaltige erst nach Verlauf von mehr als 3 Stunden. Die weitere Beobachtung war ich aufzugeben gezwungen.

Aus den Erfahrungen an evacuirtem Blute geht hervor, dass die wirksame Substanz überhaupt nicht gasförmiger Natur ist, man kann also auch nicht wohl den bei Contact mit der atmosphärischen Luft stattfindenden Verlust derselben auf ein gasförmiges Entweichen beziehen; es scheint mir wahrscheinlicher, dass, wie das Ozon die fibrinoplastische Substanz schnell zerstört, der atmosphärische Sauerstoff dasselbe langsam thut.

(Fortsetzung folgt.)

Die Augen und neue Sinnesorgane der Egel.

Von

FRANZ LEYDIG in Tübingen.

1. Die Sehorgane.

Die Augen des Blutegels sind, was Zahl und Stellung betrifft, bekanntlich schon seit langem von den Zoologen bemerkt worden, und die Zweifel, welche von mancher Seite, selbst von dem ersten Entdecker dieser Gebilde, Braun (1805), sich erhoben, ob die als Augen gedeuteten schwarzen Punkte auch in der That Sehorgane seien, verschwanden durch die Untersuchungen E. H. Weber's. Dieser ausgezeichnete Naturforscher, dem auch die vergleichende Anatomie eine Menge der schönsten Beobachtungen verdankt, theilte 1827 mit[1]), dass die Augen junger Exemplare von *Hirudo medicinalis* cylindrisch seien, zum Theil wie eine Warze über die Oberfläche des Thieres hervorragten, im übrigen in das Innere des Thieres sich erstreckten. Das warzenförmige Ende der cylindrischen Augen sei mit einer convexen Haut überzogen, die sich durch ihren grösseren Glanz von der Haut des übrigen Körpers unterscheide, sehr durchsichtig sei und für eine Hornhaut gehalten werden müsse; unter ihr liege an dem Ende jedes Auges eine schwarze Platte, weit intensiver schwarz als andere schwarze Flecken des Thieres, und welche vielleicht eine Blendung vorstelle; der untere Theil der Cylinder habe dieses schwarze Gebilde nicht.

Brandt[2]) bestätigte Weber's Angabe, nur besteht nach ihm der grösste Theil des Auges aus der schwarzen dunklen

1) Isis 1827 S. 395, und Meckel's Archiv 1827 S. 301.

2) Medic. Zoologie S. 251.

Haut; ihr sei nach vorn und aussen die gewölbte, durchscheinende Hornhaut eingefügt. Brandt konnte mit Sicherheit ein Nervenfädchen „im Auge“ verfolgen, aber nichts Bestimmtes von einer im Auge enthaltenen Flüssigkeit, die Braun gesehen hatte, wahrnehmen. Auf Grund dieser Mittheilungen sprach dann Joh. Müller[1]) die Ansicht aus, es möchten die Augen des Blutegels weder Linse noch Glaskörper haben, sondern wahrscheinlich bilde eine blosse Anschwellung des Sehnerven den Inhalt des Auges.

Ein wesentlicher Schritt in der Kenntniss unseres Organes kündigte sich dadurch an, dass R. Wagner[2]) einen wirklichen Glaskörper, besonders deutlich in den grösseren Mittelaugen, gesehen zu haben glaubte, ja es schien ihm sogar am Glaskörper vorn ein Abschnitt, wie eine Linse, zu stehen. Somit durfte man, entgegen der Meinung Müller's, sagen, die Augen seien glocken- oder becherförmige Organe, versehen mit einem Nerven, einer Choroidea und einem Glaskörper.

Meines Wissens sind die voranstehenden Beobachtungen die einzigen gewesen, welche bisher für die Beschreibung der Sehorgane des Blutegels in den Lehrbüchern die Basis abgegeben haben, und es konnte wohl als wünschenswerth erscheinen, fragliche Gebilde einer erneuten Untersuchung zu unterwerfen. Indem ich dieses that, sehe ich mich veranlasst, Folgendes darüber zu berichten.

Ich bemerke vor Allem, dass ich nur erwachsene Exemplare von *Sanguisuga medicinalis* und *Haemopis vorax* Brandt vor mir hatte, während Weber und Wagner ihre Studien an jungen, aus dem Cocon herausgenommenen oder eben ausgeschlüpften Thieren gemacht haben. Es mögen solche junge Blutegel, „da sie noch nicht so schwarz gefleckt und undurchsichtig sind, als die alten“, viel leichter zu untersuchen sein, doch hatte ich leider keine Gelegenheit, mir dergleichen aufzutreiben. An ausgewachsenen Egeln, namentlich am Pferdeegel,

---

1) Archiv für Anatomie und Physiologie, 1834, Jahresb. S. 65.

2) Vergleichende Anatomie, 1834, S. 428; Icones physiol., 1839, Tab. 28, Fig. 16.

treten wegen des vielen Hautpigmentes die Augen am unverletzten Thier für die Betrachtung mit der Lupe keineswegs sehr hervor, und ich finde begreiflich, wenn in manchen zoologischen Schilderungen es heisst, die Augen seien „undeutlich". Führt man aber mit einem scharfen Messer Schnitte durch den Kopf, in der Richtung der Augenpunkte, so wird man sich rasch überzeugen, dass man es mit deutlichen Organen zu thun habe. Ebenso markiren sie sich auf's Schärfste an Egeln, die in Glycerin aufbewahrt werden.

Was die Methode meiner Untersuchung betrifft, so habe ich sowohl frische Thiere, als auch solche, die in Weingeist erhärtet waren oder in Essigsäure einige Tage gelegen hatten, angewendet. Vortrefflich für die Erkenntniss der Theile sind Längs- und Querschnitte.

Jede der beiden Blutegelarten besitzt 10 Augen, die hufeisenförmig gestellt, auf der Oberseite des Kopfes sich finden. Die Vertheilung bei *Sanguisuga medicinalis* ist so, dass der erste Kopfring sechs Augen trägt, die übrigen vier folgen auf dem zweiten und dritten Ring[1]). Die Gestalt des einzelnen Auges, welche die einer länglichen Glocke ist, wird am deutlichsten an Schnitten, die senkrecht durch die Augenpunkte geführt werden, wobei sich auch zeigt, dass die Augen ziemlich tief in die Musculatur des Kopfes sich einsenken. Dergleichen Präparate, auf den feineren Bau besehen, weisen zunächst eine abschliessende helle Haut, eine Art Sklerotika auf, welche aber nicht nach aussen vom Pigment liegt, sondern nach innen von diesem. Die Haut, welche ich soeben einer Sklerotika verglich, erscheint auf gut gelungenen Schnitten als eine Fortsetzung oder Einstülpung von der unterhalb der Epidermiszellen sich ausbreitenden Körperhaut, also des Coriums. Nach aussen von ihr liegt die Pigmenthülle, welche, was beachtenswerth,

---

1) Der zweite und dritte Ring zerfällt übrigens bei genauerer Besichtigung selbst wieder in zwei secundäre Segmente, und im Falle man diese bezüglich der Stellung der Augen berücksichtigt, so stände das siebente und achte Auge auf dem vorderen Segment des zweiten Ringes und das neunte und zehnte auf dem hinteren Segment des dritten Ringes.

durch keine neue Haut abgeschlossen wird, sondern im Gegentheil in directer Verbindung steht mit den verzweigten Pigmentablagerungen der Umgebung. Man kann demnach an dem Pigmentbecher oder der Choroidea des Auges unterscheiden: die inneren, dicht beisammen liegenden, rundlichen Pigmentzellen und die peripherischen verzweigten netzförmig zusammenhängenden. Dass die Hauptmasse des Augenpigmentes in rundlichen, verhältnissmässig kleinen Zellen enthalten ist, wird besonders klar, wenn durch Kalilauge das Pigment selbst gelöst wurde. An jedes Auge heran und zwar an das hintere gewölbte Ende tritt, wie sich durch scharfe Schnitte genau sehen lässt, ein Nerv, der aus einer Anzahl von Primitivfasern und der gemeinsamen Scheide besteht. Die Augennerven sind Zweige der vom oberen Schlundganglion entspringenden Stämme, welche indessen nicht ausschliesslich die Augen versorgen, sondern auch zu den nachher zur Sprache kommenden, von mir aufgefundenen Organen gehen und ausserdem noch feinere Zweige absenden, die, wie es den Anschein hat, der Haut des Kopfes angehören. So bemerkt man, namentlich gern unmittelbar vor dem Eintritt des Augennerven in den Pigmentbecher, einen Zweig, einen oder mehre Primitivfasern enthaltend, welche unter Verästigung in ganz feine Ausläufer sich verlieren.

Recht merkwürdig stellt sich das Innere des Auges dar. Schon bei Betrachtung des Kopfendes eines in Weingeist getödteten medicinischen Blutegels, im Falle die Augen nicht allzusehr zurückgezogen sind, unterscheidet man mit der Lupe innerhalb des Pigmentfleckes eine graue centrale Partie, die, wenn wir sie auf Längs- und Querschnitten näher kennen zu lernen suchen, sich aus eigenthümlichen, zelligen Elementen zusammengesetzt zeigt. Dieselben sind gross, hell, brechen das Licht ziemlich stark; sie besitzen ferner eine dicke, etwas glänzende Membran, scharf abgeschieden von dem inneren Hohlraum. Der Kern ist, wie bei verschiedener Einstellung sicher ausgemittelt werden kann, mit der dicken Zellwand in continuirlichem Zusammenhang, derart, dass er eigentlich einen kugligen, von der Zellwand in's Innere vorspringenden, an der Wurzel eingeschnürten Körper vorstellt. Die Zellen neh-

men an Grösse gegen den Grund des Augenbechers zu ab, hingegen wird hier im Kern noch ein Nucleolus sichtbar. Am vorderen Ende des Augenbechers stossen diese Zellen unmittelbar an die Epidermiszellen der Kopfhaut. Machen wir uns Querschnitte der Augen, so finden wir, dass die fraglichen Zellen das Innere des Auges nicht vollständig erfüllen, sondern dass sie die Achse des Augenbechers frei lassen und hier ein gewisses centrales Gebilde umstellen. Es bietet demnach ein Querschnitt des Auges folgende Zonen dar: zu äusserst den Pigmentring, dessen Peripherie mit den ästigen Pigmentfiguren der Umgebung sich in Verbindung setzt, dann folgt der helle, schmale Ring der Sklerotika, hierauf der breite Gürtel der grossen vorhin bezeichneten Zellen, und zu innerst ein unter diesen Umständen kleinkörniges Achsengebilde. Die Bedeutung dieses letzteren klärt sich auf an Augen, die von Längsschnitten getroffen worden sind, da sich jetzt kundgiebt, dass dasselbe ein Strang feiner Fasern ist, die als Fortsetzung der Sehnervenfasern mitten im Auge aufsteigen, wobei noch zu bemerken, dass die Fasern des Achsenstranges feiner sind als die Elemente des Opticus vor dem Eintritt in's Auge.

Was im Voranstehenden über die Structur des Auges ausgesagt wurde, ergiebt sich bei obiger Untersuchungsmethode ohne besondere Mühe. Aber ist man einmal soweit gekommen, so will man auch wissen, wo und wie enden die Fasern des Achsenstranges, d. h. die Elemente des Sehnerven, und dieser Punkt ist schwieriger zu erledigen. Zuerst hegte ich die Vermuthung, es möchten die Fasern des Achsenstranges während ihres Aufsteigens im Inneren des Auges sich mit den hellen, glänzenden Zellen, von denen sie rings umstellt sind, verbinden, allein ich habe einen solchen Zusammenhang auch bei der mannigfaltigsten Präparationsweise und dem sorgfältigsten Zusehen nie mit Bestimmtheit erblicken können. An zerzupften Augen schien es mir zwar öfters, als ob sich von den Zellen ein feines Stielchen wegzöge, aber es wollte sich niemals eine unbezweifelbare Verbindung mit den Achsenfasern zeigen. Nach Allem, was ich sehen konnte, muss ich vielmehr annehmen, dass der Achsenstrang bis zum oberen Ende des Auges

einfach heraufsteigt und hier ganz frei und unbedeckt endet, eine Auffassung, die sich ausser auf Längs- und Querschnitte noch auf folgende Präparationsweise stützt. Man trage mit einer scharfen Scheere die Haut des Kopfes da, wo Augen stehen, durch flache Schnitte ab und betrachte genau und ohne Druck anzuwenden, die Oberfläche der Haut. Wo ein Auge eingepflanzt ist, erscheint die Haut zu einer runden Grube vertieft, ringsum von dem durchschimmernden Augenschwarz begrenzt; indem man jetzt durch verschiedene Einstellung des Focus vom Rand der Grube bis hinab in deren Grund Alles, was vorliegt, durchmustert, so findet man, dass am Rand der Grube, gleichwie auf der übrigen Fläche der Kopfhaut die Epidermiszellen in Trupps beisammenstehen, dann, dass diese Zellen an der Grubenwand von cylindrischer Gestalt sind, und im Grunde der Grube sich wieder verkürzt haben. Am wichtigsten ist aber für uns der Mittelpunkt im Boden der Grube, denn hier ist die Stelle, nach der die Achsenfasern des Auges zustreben. Und was sieht man da? Ich glaube mit Sicherheit wahrzunehmen, dass diese Stelle nicht von Epidermiszellen gedeckt wird, sondern erblicke hier einen eigenthümlichen Fleck, etwas breiter im Umfang als der Achsenstrang des Auges im Querschnitt. An günstigen Präparaten meine ich auch den directen Zusammenhang des Achsenstranges und dieses im Profil schwach warzenförmigen Fleckes zu erkennen, über dessen nähere Natur noch bemerkt sein mag, dass er an frischen Thieren wie aus hellen, etwas glänzenden Kügelchen (den Endknöpfchen der Nervenfasern?) besteht, während er in Reagentien nur eine blassgranuläre Beschaffenheit darbietet.

Aus meinen Beobachtungen, wenn man sie zusammenhält mit den Angaben der oben genannten Forscher, erhellt, dass das, was Braun als „Flüssigkeit im Auge“, und R. Wagner als „Glaskörper“ (eine Bezeichnung, die ich nur vorläufig beibehalte) beschrieben haben, existirt: es ist die Masse der eigenartigen, hellen zelligen Gebilde. Wenn aber der letztgenannte Zootom noch von einem linsenartigen Abschnitt spricht, der vorne am Glaskörper stehe, und wenn Weber mittheilt, dass die Augen wie Warzen über die Oberfläche des Thieres erha-

ben und hier mit einer convexen Haut überzogen seien, durch grösseren Glanz von der Haut des übrigen Körpers verschieden, so möchte ich auf Grund des von mir Gesehenen annehmen, dass es sich hier um unrichtige Auslegung des Beobachteten handelt. Ich vermag auch nicht die leiseste Spur eines linsenartigen Abschnittes oder einer Hornhaut wahrzunehmen, jedes Auge zeigt sich mir als eine glockenförmige Einstülpung der äusseren Haut, so, dass das Corium der Haut zur Sklerotika wird, die Choroidea eine angehäufte Pigmentmasse ebendesselben Coriums ist, weshalb auch, was anfänglich sehr auffällt, in Verbindung bleibend mit den übrigen Pigmentfiguren der Haut. Die Epidermiszellen stossen unmittelbar an die Zellen des „Glaskörpers" an, und ich halte letztere vom morphologischen Standpunkte aus nur für umgebildete Epidermiszellen. Der Sehnerv, am Auge angelangt, steigt mitten durch den „Glaskörper" durch und endet frei im Grunde des Augeneinganges. So wenig diese Darstellung auf die in Rede stehenden Weber-Wagner'schen Angaben zu passen scheint, so werden sich diese vielleicht doch erklären lassen. Bedenke man zuerst, dass beide Männer, wie aus ihren Abbildungen hervorgeht, nur sehr geringe Vergrösserung angewendet haben, dann, dass sie lebende junge Thiere vor sich hatten. Weber bemerkt nicht bloss, dass die Augen warzenförmig vorstehen, sondern, dass sie auch eingezogen werden können. Meine Auseinandersetzung über die Structur des Auges bezieht sich lediglich auf eingezogene Augen. Vergegenwärtigt man sich nun den vorderen Theil des Auges aus einer Grube umgewandelt in eine Warze, so wird die letztere von einem Theil der hellen, glänzenden Zellen des „Glaskörpers" gebildet erscheinen, und ich habe die Vermuthung, dass Weber dadurch zur Annahme einer Hornhaut geführt wurde und Wagner darin einen linsenförmigen Abschnitt zu erkennen glaubte.

Unter den Egeln unseres Landes besitzen noch die Gattungen *Nephelis* und *Clepsine* in bestimmter Anzahl Augenflecken am Kopf, die man, obschon sie meines Wissens noch von Niemanden auf den eigentlichen Bau untersucht wurden, dennoch immer von einem richtigen Gefühl geleitet als Seh-

organe ansprach. Ich habe jetzt *Nephelis vulgaris*, welche bekanntlich acht Augen besitzt, und die mit zwei Augen ausgestattete *Clepsine bioculata* mikroskopirt, insoweit es eben möglich ist, mit unseren Instrumenten dergleichen winzige Organe auf den feineren Bau zu prüfen. Im Anfange der Untersuchung glaubt man, dass es sich hier um einen anderen Typus handle, und ich war längere Zeit in dieser Ansicht befangen, bis mich eine vervielfältigte Methode das Richtige erkennen liess. Ich meine zu finden, dass die Augenflecken mit den Augen des Blutegels im Wesentlichen übereinstimmen. Was nun zunächst *Nephelis vulgaris* betrifft, so sind die vier vorderen Augen grösser und nach vorne gerichtet, die vier hinteren kleiner und nach seitwärts und hinten gestellt. Sie haben alle eine rundlich-ovale Gestalt. Hat man, um die Augen etwas klarer hervortreten zu machen, einen leichten Druck auf das Kopfende wirken lassen, so scheint es, als ob jedes Auge von einer rings abschliessenden Haut begrenzt sei, die, insofern sie Pigment und alle übrigen Augentheile zu einem Ganzen zusammenfasst, eine echte Sklerotika wäre. Es scheint somit, dass das dunkelviolette Pigment nicht, wie beim Blutegel, den Sklerotikalbecher von aussen umlagere und sich daher auch nicht mit den umgebenden Pigmentfiguren in Verbindung setze, und man ebendeswegen auch von einem vorderen Abschnitt der abschliessenden Haut einer Art Cornea, sprechen könne. Allein das ist, wie mich eine fortgesetzte Untersuchung belehrt, Täuschung. Auch bei *Nephelis* umfasst die Haut, welche ich der Sklerotika vergleiche, nur becherförmig den hinteren Abschnitt des Auges; vorn ragen die Augentheile frei heraus und nur durch die verschiebende Wirkung eines angebrachten Druckes kann sich der Contur der Sklerotika anscheinend zu einer Cornea fortsetzen. Das Pigment wird ebenfalls, wie beim Blutegel, nach aussen seine Stelle haben, trotzdem dass der erste Blick für die Lage nach innen besticht. Nach Entfernung des Pigmentes durch Kalilauge, theilweise auch schon ganz gut im frischen Zustande, kommt eine das Innere des Auges erfüllende helle Masse zum Vorschein, die dem zelligen Körper im Auge des Blutegels gleich ist, indem sie aus ähnlichen grossen klaren

Zellen besteht, die regelmässig um ein Centrum sich gruppiren, nur sind die Zellen weniger fest und daher leicht zerstörbar. Den Achsenkörper selber, obgleich wegen Kleinheit und zarter Natur des Objectes kaum weiter untersuchbar, halte ich nach dem, was sich darüber beim Blutegel erforschen lässt, für die Fortsetzuag und das Ende des Sehnerven.

Die zwei Augen der *Clepsine bioculata* haben eine mehr birnförmige Gestalt, sonst aber einen mit *Nephelis* übereinstimmenden Bau, bestehen also 1) aus der das Auge hinten umschliessenden Hülle; 2) aus Pigment, den Grund des Auges umgebend und wie bei *Nephelis* den vordersten Abschnitt frei lassend; auch sieht man das Augenpigment im Zusammenhange mit den bei manchen Individuen sehr spärlichen Pigmenthäufchen der Umgebung; 3) aus dem zelligen Körper, dessen Elemente ein centrales Gebilde umstehen, vorn aus dem Pigment herausragen, das Licht ziemlich stark brechen, aber (wie auch bei *Nephelis*) leicht in eine körnige Substanz sich umsetzen.

Von ganz besonderem Interesse ist mir die Gattung *Piscicola* geworden. An *Piscicola geometra*[1]), die ich früher in Würzburg untersuchte, hielt ich die Augenflecken für blosse Pigmentanhäufungen, hervorgegangen aus einzelnen verschmolzenen Pigmentzellen. Die Augenflecken waren fast in jedem Individuum anders gestaltet, bei den einen ziemlich scharf abgegränzt, in andern stark verzweigt, und durch Ausläufer selbst mit anderen Pigmentzellen in Verbindung. Noch früher hatte schon Leo[2]) seine Zweifel darüber ausgesprochen, ob die sogenannten Augen des Thieres wirklich Sehvermögen haben, da sie nicht einmal symmetrisch begrenzt seien, auch nicht tiefer als das übrige Hautpigment einzudringen scheinen. Meine neueren Erfahrungen haben mich eines anderen belehrt. Ich sehe, dass bei *Piscicola respirans*[3]) nicht nur die auf dem vor-

---

1) Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, Band I.

2) Müller's Archiv, 1835.

3) Ich bemerke anbei, dass ich an den Fischen des Neckars hier bei Tübingen nur die von Troschel unterschiedene *Piscicola respirans* an Barben und Weissfischen im Frühjahr antreffe, die sich auf den ersten Blick von der von mir bei Würzburg früher untersuchten Art

deren Saugnapfe sich findenden vier Augenpunkte echte Augen vorstellen, sondern dass selbst die schwarzen augenähnlichen Punkte auf dem hinteren Saugnapfe denselben Bau haben, wie die des vorderen Saugnapfes, man also bei diesen Thieren ausser den Kopfaugen noch von Schwanzaugen zu sprechen habe. Zuvor sei noch bezüglich der Stellung der Kopfaugen gesagt, dass das vordere Paar nach vorn gerichtet und auch grösser ist, das hintere Paar nach hinten gekehrt erscheint.

Es ist wahr, dass man bei der gewöhnlichen Untersuchung zu der Ansicht gelangt, wie ich sie über *Piscicola geometra* seiner Zeit äusserte. Am frischen Thier, auch an *Piscicola respirans* lässt sich schon mit der Lupe sehen, dass die Augenpunkte eigentlich nur durch ihre Grösse von den übrigen dunklen Pigmentflecken des Kopfes verschieden seien, was bei stärkerer Vergrösserung seine Bestätigung insofern zu erhalten scheint, als man wahrnimmt, wie das Pigment der Augenflecken nach dem Rande hin sich verzweigt und durch Ausläufer mit den verästelten Pigmentflecken zusammenhängt. Von lichtbrechenden Körpern zeigt sich unter diesen Umständen am vordersten Paar der Augenflecke keine Spur und am hinteren Paar andeutungsweise nur für Den, welcher durch andere Präparationsmethoden mit dem Bau fraglicher Organe schon vertraut geworden ist. Ebensowenig sieht man unter den gleichen Verhältnissen an den Augenpunkten der Schwanzscheibe lichtbrechende Elemente. Anders gestalten sich die Dinge bei folgendem Verfahren. Wir legen frische Thiere 1—2 Tage in eine sehr schwache Lösung von Kali bichromicum und setzen sie dann einen Tag lang der Einwirkung von Kalilauge aus. Das Pigment des Körpers und der Augenpunkte ist dadurch geschwunden und an dem abgeschnittenen Kopf erscheinen anstatt der dunklen Augenpunkte eigenartige helle Körper, die schon bei geringer Vergrösserung sich von den umliegenden Muskeln und einzelligen Hautdrüsen durch ihr helles, lichtbrechendes Wesen ohne weiteres unterscheiden. Sie stehen an

---

unterscheidet. An einem anderen Orte werde ich auf die Fauna unserer Ringelwürmer überhaupt zurückkommen.

jedem Augenpunkt im Halbmond, in mehreren vielleicht zu drei Reihen, und entsprechen den hellen Zellen, welche oben vom Blutegel, *Nephelis* und *Clepsine* erwähnt wurden; der Kern liegt im vorderen Theil der Zelle. Hat man die Thiere in Essigsäure getödtet und Glycerinpräparate angefertigt, so nehmen die Körper einen gelblichen Ton an; im ganz frischen Zustande haben sie etwas weiches, gallertiges an sich. Eine Verbindung dieser Zellen mit anderen Elementen habe ich nicht wahrgenommen. Die, wie bemerkt, im Halbkreis aufgestellten Zellen sind nach hinten von der Pigmentschale umgeben, welche aus vielen dicht beisammen liegenden dunkelvioletten Zellen besteht und sich nach Behandlung mit das Pigment lösenden Reagentien wie eine fasrige Zone ausnimmt, welche die lichtbrechenden Körper umgiebt, wobei es jedoch wahrscheinlich ist, dass ein Theil dieser fasrigen Umhüllung auf Rechnung einer „Sklerotikalschale" kommt. Wie sich die Nerven zum Auge verhalten, ist kaum völlig auszumitteln, da hierzu frische Thiere ganz unbrauchbar sind und an den mit Reagentien behandelten die Nerven so sehr blass geworden sind, dass sie nur mit äusserster Mühe streckenweit verfolgt werden können. So viel ich, namentlich an Glycerinpräparaten, ersehen kann, ist der zweite von der oberen Hirnportion abgehende Nerv als der eigentliche Augennerv zu betrachten, wenigstens biegen von ihm Aeste ab, welche die Richtung zu den Augen nehmen.

Die immer in der Zehnzahl vorhandenen Augenpunkte auf der Schwanzscheibe stimmen im Bau vollkommen mit den vier Augen des Kopfes überein. Sie bestehen aus den bogenförmig gestellten Reihen der hellen, lichtbrechenden Körper und dem diese letzteren in Form einer Schale umgebenden Pigment; ist das Pigment durch Essigsäure oder Kalilauge zerstört, so umzieht an ihrer Statt wie an den Kopfaugen ein Streifen fasriger Substanz die hellen Körper. Hat man die Organe aus der Schwanzscheibe isolirt vor sich und die Ansicht von oben, so scheint es, als ob die lichtbrechenden Körper nicht sowohl halbkreisförmig, als vielmehr in wirklichem Kreis geordnet seien, wodurch die Aehnlichkeit mit dem Auge anderer Hirudineen sich steigert. Am schwierigsten bleibt es auch an den Schwanzaugen zu be-

stimmen, wie sich die Nerven verhalten. Durchmustert man die ganze abgeschnittene Schwanzscheibe eines Thieres, das in obiger Weise behandelt und einen Tag in Kalilauge gelegen war, bei geringer Vergrösserung und so gelagert, dass die Innenfläche der Scheibe sich dem Beschauer zukehrt, so sieht man leicht das längliche centrale Schwanzganglion und von ihm jederseits sieben Nerven in regelmässig strahliger Vertheilung abgehen. Ebenso erkennt man leicht, dass die Augen jederseits hart an den fünf hintersten Nerven der Schwanzscheibe liegen. Wendet man aber dann starke Vergrösserung an, so vermag man zwar einzelne Aeste der Nerven und deren feinste Vertheilung bis zum Scheibenrand zu verfolgen, sieht auch ferner deutlich, dass da und dort die Nerven gangliöse Einlagerungen haben, aber der zum Auge gehende Zweig ist bei der Menge der umliegenden Muskel- und Hautdrüsen kaum mit Sicherheit wahrzunehmen. Durch Druck kann natürlich nichts verbessert werden, da die ohnehin äusserst blass gewordenen Nerven dann völlig schwinden. Auch Quer- und Längsschnitte haben mir hierin noch keine Dienste geleistet.

2. Eigenthümliche Sinnesorgane.

Als ich an *Sanguisuga* und *Haemopis* die Augen studirte und die auffallenden Zellen kennen gelernt hatte, welche die Hauptmasse der Augencylinder bilden, sah ich nicht ohne Ueberraschung, dass sich am Kopfe zugleich mit den Augen ganz ähnliche helle Gebilde in Trupps beisammen und von einer pigmentfreien Hülle umschlossen noch einmal vorfinden. Ich ging der Sache weiter nach und der Erfolg war das Auffinden von Organisationsverhältnissen, die bis jetzt unbekannt waren.

Man kann sich schon mit der Lupe vom Dasein der jetzt zu beschreibenden Organe überzeugen, zu welchem Zwecke ich solche Exemplare des medicinischen Blutegels, die sich durch geringere Pigmentirung auszeichnen und in einer Lösung von Kali bichr. getödtet wurden, empfehle. Es zeigt sich, dass am Kopf ausser den zehn schwarzen Augen noch bestimmt begrenzte Körper von meist grauer Farbe zugegen sind. Geringe

Vergrösserung thut dar, dass die Zahl dieser Organe eine sehr ansehnliche, ihre Gestalt verschieden gross und die Stellung der grösseren eine sehr regelmässige ist. In Menge besetzen sie namentlich den oberen, vorderen Lippenrand, wo sie dicht gedrängt stehen; oben am Kopf, nach aussen von den Augen, dann wieder innerhalb des von den Augen begrenzten hufeisenförmigen Raumes, in der Mittellinie, vertheilen sich ohngefähr zwanzig grössere Organe, unter sich an Umfang etwas verschieden, doch die grössten etwa von der Hälfte eines Augencylinders. Im Ganzen schätze ich ihre Zahl am Kopf auf 60. Auch die Körperringe jenseits der Augen tragenden Segmente weisen noch einzelne dieser Organe auf. Wie weit sie vielleicht vereinzelt nach hinten sich erstrecken, weiss ich nicht. Von der Schwanzscheibe kann ich sagen, dass mir dort keine Spur dieser Organe zu Gesicht gekommen ist.

Während es leicht ist, die Existenz der bezeichneten Gebilde sich vorzuführen, so bedarf es einiger Mühe, etwelche Einsicht von ihrem Bau zu gewinnen. Die Frage, ob die Organe vielleicht Drüsen seien, ein Gedanke, der sich zunächst einstellt, muss bald verneint werden, da bei vergleichender Untersuchung sich ergiebt, dass weder die einzelligen kleinen Hautdrüsen, noch die grösseren, mit langem Gang an den Kieferwülsten mündenden Speicheldrüsen die entfernteste Aehnlichkeit mit den neuen Organen haben. Um die Tracht dieser letzteren kurz anzudeuten, erlaube ich mir an die Organe zu erinnern, welche ich vor langer Zeit bei Knochenfischen des Süsswassers entdeckte und unter der Bezeichnung „becherförmige Organe" bekannt gemacht habe[1]). Mit diesen stimmen sie nicht nur im Habitus, sondern in manchen Einzelheiten des Baues überein. Auch die Organe der Egel stellen rundlich-ovale Becher dar mit freier Mündung an der Haut; ihre Wand besteht aus langen, schmalen Zellen, welche als modificirte Epidermiszellen zu betrachten sind und trotzdem, dass sie ein geschlossenes Ganzes bilden, in ihrer Gesammtheit keinesweges

1) Ueber die Haut einiger Süsswasserfische, Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, Band III, 1850, S. 3.

von einer bindegewebigen Haut umzogen werden. Den Grund des Bechers formiren die zelligen Körper, welche durch ihre Aehnlichkeit mit den Zellen des „Glaskörpers" im Auge mich zuerst auf unsere Organe aufmerksam werden liessen und in der That auch diesen fast als ganz gleichwerthig gelten können, was ich in meinen Notizen mir wiederholt angemerkt habe, ohne jedoch dabei gewisse kleine Unterschiede zu übersehen. An Thieren z. B., die einige Tage in Essigsäure gelegen hatten, waren die entsprechenden Zellen des Auges immer noch hell, die der Becher hingegen hatten etwas an lichtbrechender Eigenschaft eingebüsst. Die Zellen ordnen sich regelmässig im Kreis, doch so, dass ein centraler Raum, der eigentliche Boden des Bechers frei bleibt. Während, wie gesagt, die langen cylindrischen, die Seitenwände des Bechers bildenden Zellen von keiner Hülle umschlossen sind, umgiebt die jetzt in Rede stehenden eine bindegewebige Abgrenzung, was sich besonders deutlich zeigt, wenn man die Becher von unten ansehen kann.

Um unseren Organen die Bedeutung von Sinnesapparaten beilegen zu können, ist es nöthig, ihren Zusammenhang mit Nerven nachzuweisen. Dies geschieht dadurch, dass man von der Kopfscheibe feine Flächenschnitte mit einem scharfen Messer abträgt, wodurch sich Präparate gewinnen lassen, die zweifellos zeigen, dass die becherförmigen Organe wie Endknospen den Nerven angehören. Auf die feineren Verhältnisse untersucht, kommt dabei manches Eigenthümliche zum Vorschein. Die Nervenzweige für je ein Organ bestehen aus zwei bis drei Primitivfasern, von einer deutlichen Neurilemmscheide umgeben, die in ihrer Fortsetzung die mehrerwähnte bindegewebige Kapsel jenes Theiles des Bechers ist, der von den grossen klaren Zellen gebildet wird. In der Nähe des Bechers verschmelzen die bisher deutlich gesondert gewesenen Primitivfasern zu einem einzigen nervösen Stück mit welligen Rändern, dessen Fortsetzung sich in den Boden des Bechers begiebt, um dort, innerhalb des von den glaskörperartigen Zellen übrig gelassenen centralen Raumes zu enden. Doch geschieht dies unter Veränderungen, denen schwer zu folgen ist. Man sieht

nämlich, wie der aus den verschmolzenen Primitivfasern hervorgegangene nervöse Cylinder unmittelbar unter dem Becher nicht mehr eine glatte Oberfläche hat, sondern wie wenn er aus rundlichen Körpern oder aus gewundenen Faserstücken bestände; endlich beim Untersuchen frischer Objecte, indem man in's Innere des Bechers sieht, glaube ich mit Bestimmtheit auf dem Boden, umgeben von den radiär gestellten grossen hellen Zellen einen Büschel schmaler, senkrecht stehender und mit einem Endknöpfchen versehener Fasern zu erblicken. Diese Beobachtungen, mit einander verknüpft, scheinen mir bezüglich der Frage, wie sich die Nerven schliesslich verhalten, darzuthun, dass, nachdem die 2—3 Primitivfasern zu einer Masse zusammengeschmolzen sind, aus dieser durch Zerspaltung neue Elemente entstehen, welche den glomerulusartigen Abschnitt unmittelbar am Grund des Bechers erzeugen, worauf sie feiner geworden und gerade gerichtet innerhalb des Bechers mit je einem Knöpfchen aufhören.

Suchen wir uns ein Urtheil über die physiologische Bedeutung dieser neuen Sinnesapparate zu verschaffen, so fällt uns vor Allem die unverkennbare Analogie auf, welche im Bau zwischen ihnen und den Augen herrscht. Abgesehen von Grösse und Form scheint der Mangel des Pigmentes sie am meisten gegenüber von den Augen auszuzeichnen. Auch kommen die Nerven der becherförmigen Organe und jene der Augen aus denselben Stämmen, aus den 3 Paar Kopfnerven nämlich, welche von der oberen Hirnportion entspringen. Doch giebt dies für das Ausfindigmachen der Function keinen Anhaltspunkt, denn von den gleichen Stämmen, gewöhnlich sogar noch unmittelbar von den Sehnerven, gehen Zweige ab, die fein zugespitzt in der Haut enden. Man wird sich vielmehr besonders davon leiten lassen müssen, dass die Organe in grösster Häufung namentlich da stehen, wo, wie die Beobachtung des lebenden Thieres lehrt, eine feine Tastempfindung ihren Sitz hat. Von lange her gilt die Oberlippe der Blutegel, deren Nervenreichthum schon anderen Forschern, wie z. B. Brandt bekannt ist, als Tastorgan. Wenn nun eine weiter vorgeschrittene Untersuchung an den Enden dieser Nerven eigenthümliche Vor-

richtungen entdeckt, so darf man wohl mit einer gewissen Berechtigung dieselben für Tastorgane ansprechen. Und gleichwie die Tastempfindung die allgemeinste, gewissermaassen die unterste der Sinnesempfindungen ist, aus der sich durch vollkommnere Apparate die specifischeren Sinne erheben, so erscheint beim Blutegel das Auge nach seinem Bau gleichsam auch nur eine höhere Stufe in der Organisation eben dieser Tastorgane vorzustellen [1]). Noch wäre vielleicht auch zu erwägen, ob nicht die becherförmigen Organe des Blutegels Sitz des Geruchsinnes seien, denn der Umstand, „dass Egel an manche Personen und bei manchen Krankheiten nicht ansaugen“, ferner, dass sie im freien Zustande die geeignete Nahrung rasch wittern, scheint denn doch dafür zu sprechen, dass sie Geruchsinn besitzen. Wenn ich aber trotzdem einstweilen die Ansicht vorziehe, dass in Rede stehende Bildungen nicht Geruch-, sondern eher Tastorgane sind, so bestimmt mich hierzu auch die gar nicht abzuweisende, schon oben erwähnte morphologische Verwandtschaft zwischen den Organen der Egel und den von mir aufgefundenen der Fische. Und bei diesen, wo sie ebenfalls am zahlreichsten an den Lippen und Bartfäden vorkommen, wäre es überflüssig, sie für den Geruchsinn in Anspruch nehmen zu wollen, da dieser Thiergruppe ein nach

1) Die Augen des Blutegels, obschon von ziemlich zusammengesetzter Natur, scheinen aber doch nicht darnach angethan, Bilder der äusseren Gegenstände in ihrem Inneren entstehen zu lassen, vielmehr mögen die Leistungen nur so weit reichen, dass die Thiere Hell und Dunkel, Tag und Nacht zu unterscheiden im Stande sind. Eine solche Auffassung tritt dann auch keinesweges in Widerspruch mit dem, was Braun (Systematische Beschreibung einiger Egelarten, Berlin 1805) und Kuntzmann (Anat.-physiol. Untersuchungen über den Blutegel, Berlin 1817) vom Auge des Blutegels halten. Beide Beobachter sind durch wiederholte Versuche, die man in den citirten Schriften nachlesen mag und mir ebenfalls von Gewicht zu sein scheinen, zu der Ansicht gekommen, „dass die Egel sich nicht des Sehens erfreuen können, wohl aber eines hohen Grades von feinem Gefühl.“ Der von mir auseinandergesetzte Bau der Augen und der neuen Organe deutet, — wie ich glaube —, darauf hin, dass die Blutegel mit ihren Augen das Licht „betasten“, ohne die Gegenstände selber unterscheiden zu können.

Lage und Bau der Nase anderer Wirbelthiere entsprechendes Organ schon eigen ist.

Was die Verbreitung der becherförmigen Organe in der Gruppe der Egel betrifft, so kann ich nach meinen bisherigen Erfahrungen soviel anführen, dass sie bei *Nephelis vulgaris* ebenfalls vorhanden sind und zwar abermals gehäuft an der Oberlippe, dann aber auch in Menge an der Unterlippe (wo sie bei *Sanguisuga* und *Haemopis* zu fehlen scheinen); auf der Oberfläche des Kopfes stehen sie zerstreut, aber in einer gewissen regelmässigen Vertheilung; einzelne scheinen noch weit über die Kopfregion hinaus in der Körperhaut zu liegen. Hinsichtlich der Gattung *Clepsine* bin ich noch nicht ganz sicher, indessen meine ich bei *Cl. bioculata* an der Innenfläche der Oberlippe entsprechende Bildungen wahrzunehmen.

Bei *Piscicola respirans* und bei *Branchiobdella* fehlen fragliche Organe. Doch bei dem Krebsegel (*Br. astaci* und *Br. parasita* stehen nicht nur an der Oberlippe Büschel feiner Härchen, die sich vereinzelt über den ganzen Kopf erstrecken, sondern man sieht ausserdem an der Innenfläche der Oberlippe specifisch geartete, papillenähnliche Körper, die, quer abgestutzt, ebenfalls mit feinen Härchen am Rande besetzt sind und, von der Fläche angesehen, wie kleine Saugnäpfe sich ausnehmen. An Thieren, die in Essigsäure getödtet, darauf in Glycerin gelegt und einem leichten Druck ausgesetzt wurden, glaube ich ein vorn gezacktrandiges granuläres Gebilde innerhalb dieser Papillen wahrgenommen zu haben.

Die Abbildungen zu den in diesem Aufsatze behandelten Gegenständen werden an einem anderen Orte zur Veröffentlichung kommen.

Das vor Kurzem erschienene Werk von Keferstein und Ehlers[1]) macht in mir die Vermuthung rege, dass bei *Sipunculus nudus* ähnliche Organe sich finden, wie jene der genannten Egel. Es wird dort nämlich mitgetheilt, dass die Seitenäste des Bauchmarkes in ihrer Mehrzahl in die Cutis dringen

---

1) Zoologische Beiträge, gesammelt im Winter $18^{59}/_{60}$ in Neapel und Messina. Leipzig 1861.

und daselbst in den „Hautdrüsen“ enden, „von denen wir keine gefunden haben, die nicht an ihrem inneren Pol mit einer jener feinkörnigen Nervenfasern in Verbindung stand.“ Die Hautdrüsen selber werden beschrieben als kuglige oder ovale Schläuche, bestehend aus einer *Tunica propria* und ausgekleidet von Zellen, welche nur ein kleines Lumen übrig lassen. Derartige „Hautdrüsen“, welche in so unmittelbare Beziehung zum Nervensystem treten, müssen billig Aufsehen erregen, da sich hierzu wohl kaum ein zweites Beispiel anführen lässt. Bedenkt man nun dieses, sowie den Umstand, dass unsere Beobachter von einer Schleimabsonderung der Haut, auf die sie, ihrer Angabe zufolge, allerdings nicht besonders achteten, Nichts wahrgenommen haben, so wird die von mir ausgesprochene Vermuthung einigen Halt bekommen, vielleicht verstärkt noch durch eine Bemerkung Keferstein's und Ehlers', indem sie sagen, der zu jeder Hautdrüse gehende Nerv sitze an der Drüse so fest, dsss es aussehe, „als ob der Schlauch die Ausbreitung der Nervenwände wäre.“

Wahrscheinlich gehören die von Quatrefages[1]) aus der Haut von *Echiurus Gaertneri* beschriebenen kleinen Gruppen von ovalen Körperchen, die er bei Mangel näherer Details einstweilen für schleimabsondernde Organe anspricht, mit den hier in Rede stehenden Sinnesapparaten in eine Reihe von Organen.

---

1) Ann. d. sc. nat. 1847, Tom. VII, Pl. VI, Fig. 2a.

Haben die Nematoden ein Nervensystem?

Bemerkungen zu dieser Frage

von

Franz Leydig in Tübingen.

Die Ansichten über das Nervensystem der Nematoden waren im Laufe der Zeit mehrmals merkwürdigen Wandlungen unterworfen. Die Einen läugneten das Dasein von Nerven, die Anderen beschrieben Nervenstämme mit zahlreichen Seitenästen. Ohne mich an diesem Orte in eigentliche historische Erörterungen einzulassen, was ich mir für später verspare, bemerke ich doch soviel, dass sich die Untersuchungen der Naturforscher, indem sie dem Aufspüren der Nerven zugewendet waren, immer um die seit alter Zeit an den Nematoden wahrgenommenen Längslinien gedreht haben. Diese Bildungen fallen an den grösseren Arten schon dem unbewaffneten Auge zwischen der Längsmusculatur auf; es wurde bald den einen, bald den anderen die Bedeutung von Nerven, oder von Tracheen, dann wieder von Muskeln beigelegt, und es muss für einen bedeutenden Fortschritt in der Kenntniss dieser Gebilde angesehen werden, als schon ältere Beobachter, wie Bojanus und Cloquet, nachwiesen, es seien die vier Längslinien unter sich wesentlich verschieden. Man erkannte bereits damals (1821), dass die Seitenlinien ein Gefässrohr enthalten, was nicht der Fall sei mit den Bauch- und Rückenlinien, welche hinwiederum dadurch ausgezeichnet erschienen, dass unzählige Fäden nach beiden Seiten von ihnen abgingen. Sind nun diese Längslinien und ihre Seitenstrahlen Nerven oder nicht? Natürlich konnte man sich früher, zu einer Zeit, in der die Forscher mit den Geweben niederer Organismen noch weniger vertraut waren, bei Beantwortung einer derartigen Frage nur

von gewissen allgemein morphologischen und physiologischen Gesichtspunkten leiten lassen, und man darf sich schwerlich wundern, dass die Meinung, ob bestimmte Theile Nerven oder etwas Anderes seien, hin und her schwankte.

Der Erste, welcher mit histologischem Wissen und allen neueren Hülfsmitteln der Untersuchung ausgerüstet, das Nervensystem der Nematoden von Neuem prüfte, war Meissner (1853), und seine hierüber veröffentlichten Arbeiten haben durch die künstlerisch schönen Abbildungen und die detaillirtesten Angaben wohl überall freudiges Aufsehen erregt. Nach Untersuchungen des genannten Forschers an *Mermis* und *Gordius* sei das Nervensystem der Nematoden in hohem Grade entwickelt, die Grösse desselben so bedeutend, dass fragliche Thiergruppe hierin den anderen Classen der Würmer eher voran- als nachstehe. Bald folgten auch bestätigende und ergänzende Mittheilungen anderer Beobachter und man durfte füglich einigermaassen erstaunt sein, wie man über derartige, in so bestimmter Weise entwickelte Organsysteme so lange im Zweifel sein konnte. Allein es will scheinen, als ob trotz aller Kenntnisse über die elementare Zusammensetzung der Gewebe, welche die neueren Beobachter vor den älteren voraus haben, sie doch in die früheren Irrthümer zurückgefallen sind. Musste es schon dem unbefangenen Beschauer der an's Licht gestellten Zeichnungen auffallen, dass, wenn die Dinge in Wirklichkeit sind, wie sie dort abgebildet sich zeigen, es ja Thiere gäbe, bei denen die Nervenmasse das Muskelsystem an Ausdehnung überrage, was von vornherein keine grosse Wahrscheinlichkeit für sich hat, so konnte es auch nur Bedenken erregen, dass in den nächst verwandten Thieren die ganze Gruppirung des Nervensystemes so ungewöhnlich grosse Verschiedenheiten an sich tragen sollte. Als daher jüngst A. Schneider mit seiner Abhandlung „über die Muskeln und Nerven der Nematoden“ hervortrat (1860) und nachwies, dass die mitunter so plastisch gezeichneten Ganglien und Nervenstränge entweder gar nicht existiren oder, wenn vorhanden, nicht Nerven, sondern Muskeln seien, so fühlte sich gewiss mancher Zootom, den die vorhandenen Bilder gestört und be-

unruhigt hatten, etwas erleichtert. Ich selber unterzog jetzt einige Nematoden und zwar den *Ascaris lumbricoides* des Menschen und den *Gordius aquaticus* einer Prüfung, wobei ich zu dem Resultate kam, dass das angebliche Nervensystem dieser Thiere kein solches sei, ja dass man überhaupt bei genannten zwei Würmern kein Nervensystem aufzufinden vermag, sie vielmehr für nervenlose Thiere anzusehen habe.

Zur Untersuchung des *Ascaris lumbricoides* nahm ich frische Thiere, wovon die einen in Weingeist, die anderen in Essig geworfen wurden. Dass es dann auch hier wieder sehr förderlich sei, ausser der gewöhnlichen Präparationsweise sich durch Quer- und Längsschnitte zu unterrichten, will ich zu bemerken nicht unterlassen. Macht man Querschnitte durch das ganze Thier, so lässt sich an solchen sofort feststellen, dass die zwei Seitenlinien in einem wichtigen Punkte von den zwei Medianlinien verschieden seien. Es entstehen zwar alle vier Linien zunächst so, dass die zwischen der Cuticula und der Längsmusculatur sich ausbreitende Hautlage, ihrer Bedeutung nach wohl die Matrix der Cuticula, zwischen die Muskeln hindurch nach innen dringt und hier einen verdickten Längsstreifen erzeugt; aber die Seitenlinien, schon für's freie Auge breiter, als die Medianlinien, schliessen noch ein eigenwandiges Rohr in sich, das den Medianlinien fehlt. An die Medianlinien hingegen, also an die Bauch- und Rückenlinie, treten von den zwischen den vier Längslinien liegenden Muskelfeldern quere Streifen herüber, was nicht der Fall ist mit den Seitenlinien. Diese letzteren sammt ihrem inneren Rohr, über dessen Bau und Bedeutung ich ein andermal berichten werde, berühren uns in der vorliegenden Frage nach dem Nervensystem nicht, wir haben nur die Medianlinien in Betracht zu ziehen. Ich erwähnte schon hinsichtlich der Form dieser Linien auf dem Querschnitt, dass sie nach innen merklich dicker sind, als nach aussen, an der Stelle des Ueberganges zur Matrix der Cuticula, und bemerke jetzt mit Rücksicht auf ihre feinere Structur, dass sie im Wesentlichen mit der Matrix der Cuticula übereinstimmen. Gleich dieser haben sie keinen eigentlich zelligen Bau, sondern bestehen aus einem

fein granulären Stoff, in welchem kleine Nuclei zerstreut eingebettet liegen, die leicht zu unterscheiden sind von den zahlreichen Fettkörnern und Fetttropfen, durch welche die ganze Haut das lebhaft weisse Aussehen erhält.[1]) Besonders zu beachten ist aber, dass die Medianlinien nach dem Leibesraum hin sich etwas aufhellen und dabei eine andere Structur annehmen. Durch das an dieser Stelle erfolgende Auftreten kleiner zelliger Elemente bildet sich gleichsam aus dem inneren Ende jeder Medianlinie ein besonderer kleinzelliger Strang hervor. Derselbe entspricht wohl den Längsstämmen, welche Meissner bei *Mermis* für Nerven erklärt, eine Bedeutung, die sie indessen unmöglich haben können, da sie zum Ansatz der zweifellosen Quermuskeln dienen.

Damit wären wir bei den Organen angelangt, welche durch ihre zum Theil eigenthümlichen Verhältnisse die Entdecker des vermeintlichen Nervensystems irre geführt haben. Die unter der Matrix der Cuticula herabziehende Leibesmusculatur besteht nämlich aus Elementen, welche, allgemein gesagt, die Beschaffenheit breiter Bänder an sich tragen, so gestellt, dass ihre eine Kante gegen die Haut, die andere gegen die Leibeshöhle gerichtet erscheint. Diese bandartig platten Muskeln sind, auf ihren feineren Bau besehen, nicht homogen, sondern deutlich in eine helle Rinden- und in eine körnige Achsensubstanz differenzirt. Ferner lässt sich wahrnehmen, dass die Rindensubstanz nach ihrer ganzen Dicke in fibrilläre Längsabtheilungen sich gesondert habe, was Ursache wird, dass auf dem Querschnitt die Rindenlage des Muskels scharf quergestreift sich zeigt. Wichtig wird jetzt für uns, dass nach der ganzen Länge des Körpers diese Längsmuskeln querverlaufende Fortsätze zu den Medianlinien entsenden, denn die Stellen, wo die Fortsätze abgehen, sind die Meissner'schen „terminalen Nervendreiecke" und die Wedl'schen „Ganglienzellen". Meine

1) Bei Thieren, welche wochenlang in Essig gelegen haben und deren Haut dann leicht abstreifbar ist, bemerkt man in der Matrix der Cuticula ausserdem noch helle zellige Gebilde, in grossen Abständen aus einander, die vielleicht in die Reihe von Hautdrüsen gehören. Sie fehlen jedenfalls in den Medianlinien.

Beobachtungen stimmen daher, was die musculöse Natur der zu den Medianlinien tretenden Fortsätze betrifft, mit denen von A. Schneider überein und ich möchte hierzu noch Eines bemerken. Der eben genannte Forscher lässt die Quermuskeln nur aus der Marksubstanz der Längenmuskeln hervorgehen, was für *Ascaris lumbricoides* nicht durchweg richtig ist. Um sich hiervon zu überzeugen, trage man aus Thieren, die in Essig aufbewahrt waren und unter Wasser der Länge nach aufgeschnitten sind, mit der Scheere scharfe Schnitte von dem Balkenwerk der Muskeln ab, vermeide dann jeden Druck, und man wird sehen, dass viele Quermuskeln auf ihrem Querschnitt dieselbe Sonderung, wenn auch zarter, doch immerhin vollkommen deutlich, wie die Längenmuskeln besitzen: nämlich eine Achsensubstanz, hier homogen, und eine querstreifige Rinde. Solche Quermuskeln stellen demnach Fortsätze oder Ausläufer des ganzen Muskels dar, nicht bloss eines Theiles desselben. Die merkwürdigen, beutelförmigen Organe hingegen, die schon so oft die Aufmerksamkeit der Beobachter erregten, sind, wie es von Schneider angegeben wird, aus der Marksubstanz der Muskeln hervorgegangen. Querschnitte sind auch hierfür sehr belehrend, da sie zeigen, wie die quergestreifte Rinde des Muskels noch eine Strecke weit die Wand der Blase mitbilden hilft, dann aber unter allmäliger Verjüngung aufhört, während der Blaseninhalt in Continuität zur Marksubstanz bleibt. Die Wand der Beutel bietet jetzt zwei Conturen dar; die äussere ist die Fortsetzung des Sarkolemma's, die innere die Grenzlinie der Marksubstanz. Das Sarkolemma der Beutel spinnt sich noch innerhalb des Leibesraumes in ein feines Maschenwerk aus, zur Verbindung der Beutel untereinander sowie mit der Tunica propria der Eingeweide. Im vordersten Körperende, allwo die Entwickelung solcher blasiger Anhängsel der Muskeln noch unbedeutend ist, treten die Quermuskeln mit dem kernhaltigen „Dreieck" nur von den Längsmuskeln ab; sobald aber, wie dies allmälig nach hinten zu geschieht, die Beutel gross und zahlreich geworden sind, kommen die Quermuskeln auch von den Beuteln und wenden sich nach den Medianlinien hin. Auch ist es ein gar nicht seltenes Vor-

kommniss, dass die Beutel verschiedener Längsmuskeln unter sich durch quere Muskeln verbunden sind.

Fasst man näher in's Auge, auf welche Weise die Muskeln sich an die zwei Medianlinien ansetzen, so findet man, dass sie dort wie geflechtartig sich in einander schieben und sich zuletzt unter pinselförmiger Auflösung an den oben bezeichneten kleinzelligen Strang verlieren. Bei Betrachtung sorgfältig präparirter Medianlinien, in der Lage, dass der Leibesraum dem Beschauer sich zukehrt, erblickt man noch über den Muskeln, also zu innerst ein feines Wabenwerk aus Bindegewebsstreifen, welches, wie schon vorhin gesagt, mit den Muskelhüllen zusammenhängt, wobei hier noch insbesondere hervorgehoben zu werden verdient, dass man in Glycerinpräparaten an den Quermuskeln nicht bloss Rinde und Mark, sondern auch die unter diesen Umständen deutlich abstehende Hülle unterscheiden kann. Weiterhin bietet sich an solchen Präparaten noch etwas dar, was vielleicht zu Irrungen Anlass gab. Man glaubt nämlich zu beiden Seiten des Stranges, dem die Quermuskeln zustreben, zwischen den Ansatzstellen der letzteren, grosse Zellen zu sehen, die an manche der Meissner'schen Figuren erinnern, in der That aber nur kleinere der erwähnten Beutel im scheinbaren Querschnitte sind.

Das Ergebniss meiner Untersuchung ist daher, dass bei *Ascaris lumbricoides* die Bildungen, welche von Anderen als Nerven und Ganglienzellen beschrieben wurden, nicht dieses, sondern Muskeln sind, folglich habe man den Theil der Medianlinien, an welchen sich die Quermuskeln ansetzen, als den festen Punkt zu betrachten, gegen den die Muskeln wirken.

A. Schneider macht in seiner Abhandlung bei *Ascaris lumbricoides* noch auf „ein System von Fasern" aufmerksam, von denen er unentschieden lässt, ob es Gefässe oder Nerven oder keines von beiden seien, obschon er für sich eine gewisse Geneigtheit zugesteht, die „Fasern" für Nerven zu halten. Ich möchte mit Rücksicht hierauf erklären, dass ich dieselben durchaus nicht für Nerven gelten lassen kann. Man führt sich fragliche Fasern am leichtesten an grösseren Hautstücken abermals von Thieren vor, die einige Tage in Essig gelegen haben

wo man sie in der Matrix der Cuticula verlaufen sieht, und zwar in ziemlich grossen Abständen quer oder schräg zwischen den Median- und Seitenlinien. In der hinteren Körperhälfte scheinen sie weniger zahlreich zu sein, als in der vorderen. Ihre Breite, ihr Aussehen und ihr ganzer Habitus erinnert mich an die „Wassergefässe" und ich halte sie denn auch vor der Hand für Abzweigungen der in den Seitenlinien eingeschlossenen Längskanäle.

Nun vom *Gordius*. Ich habe bisher zwar nur ein einziges aber frisch in Weingeist gelegtes Exemplar zur Zergliederung gehabt, glaube indessen im Hinblick auf das von Meissner beschriebene Nervensystem doch sagen zu dürfen, dass weder im Thatsächlichen, noch in der Deutung des Gesehenen meine Beobachtungen mit denen des genannten Forschers übereinstimmen wollen. Ich kann vor Allem die Bemerkung nicht unterdrücken, dass Meissner selbst wohl kaum gewisse Theile, wie er gethan, als Nervensystem ausgegeben hätte, wenn ihm nicht seine früheren Mittheilungen über ein so hoch organisirtes Nervensystem der *Mermis*arten gewissermaassen die Verpflichtung auferlegt hätten, auch bei den so nah verwandten Gordien ein gleiches Organsystem nachzuweisen. Deshalb namentlich, wie mir scheint, beschrieb Meissner als solches einen „bandartigen, schmalen Strang" in der Furche der Mittellinie des Bauches und festgeheftet an die untere Fläche des „Bauchstranges". Der Nervenstrang sei hell, glänzend, zeige keine Zusammensetzung aus Fibrillen, sondern stelle ein homogenes Band vor; auch die vom Stamm in kleinen Abständen entspringenden Aeste seien homogen und glänzend. Ich frage Jeden, der das Nervensystem wirbelloser Thiere untersucht hat, ob er ein Beispiel kennt, dass die nervösen Theile dergleichen Eigenschaften an sich tragen. Schwerlich, — doch könnte es *a priori* immerhin ein solches Nervensystem geben.

Meine Beobachtungen lassen mich die Dinge anders sehen als Meissner. Zunächst habe ich zu bemerken, dass ich den „bandartigen Nervenstrang" nicht als etwas Selbständiges anzuerkennen vermag, sondern nur als einen integrirenden Theil des sogenannten Bauchstranges der Medianlinie, genauer

gesagt, als einen Theil der Scheide des Bauchstranges. Wenn ich auch noch so viele Querschnitte anfertige, immer stellt er sich mir in der angegebenen Weise dar, während Meissner in seiner Abhandlung (Taf. III, Fig. 7 g, f, Zeitschr. für wiss. Zoologie, Bd. V) unter dem Bauchstrang noch den Nervenstrang als etwas von diesem Verschiedenes zeichnet. Ich sehe zwischen „Bauchstrang“ und „Nervenstrang“ keine Grenzlinie, sondern mir erscheint der „Nervenstrang“ als die zwischen die Muskelfurche des Bauches sich einsenkende Hülle des „Bauchstranges“. Der letztere würde eben in seiner Ganzheit einen rein cylindrischen Querschnitt haben, wenn nicht seine Hülle sich der Bauchfurche anzupassen hätte, mit anderen Worten, die Scheide des rundlichen Bauchstranges erhebt sich nach unten in einen Längskamm, der sich zwischen die Bauchfurche der Muskeln eindrängt. Damit steht denn auch ganz im Einklang, was man an dem leicht auf grössere Strecken der Länge nach isolirbaren Bauchstrang wahrnimmt. Nie wird man auch unter diesen Umständen den Meissner'schen Nervenstrang von dem Bauchstrang abgelöst als etwas Selbständiges zur Ansicht gewinnen können; vielmehr sieht man jetzt eben so deutlich, namentlich wenn der Bauchstrang die untere Fläche dem Beobachter zuwendet, dass der vermeintliche Nervenstrang die kammartige Erhebung anscheinend des Bauchstranges selber ist und einen leicht gekräuselten Verlauf hat. Diese Erhebung hat ein glänzendes Aussehen, und von ihr weg gehen zahlreiche scharfe, divergirende Querstreifen, aber sie hat nicht die entfernteste Aehnlichkeit mit Nervensträngen anderer Wirbellosen. Und welche Bewandtniss hat es mit den Seitennerven, welche Meissner von dem centralen Strang entspringen lässt? Ich erkläre mir sie so, dass die zahlreichen Querwülste, welche vom firstartigen Längskamm nach beiden Seiten des „Bauchstranges“ abgehen und durch scharfe, an elastische Fasern erinnernde divergirende Querstreifen mit bedingt sind, dafür genommen wurden, wobei ich auf meinen obigen Ausspruch nochmals zurückkommen möchte: ich glaube nicht, dass ein Unbefangener die geringste Veranlassung hätte, an dem frei vor ihm liegenden, die Bauchseite nach oben kehrenden Bauchstrang

die zahlreichen lichten, hellglänzenden, erhöhten Querstreifen, immer daneben die mit Schatten gefüllten Furchen, für Nervenfäden zu halten, ganz abgesehen davon, dass keiner dieser „Nerven“ über den Contur des Bauchstranges hinausragt, sondern unter allmäliger Verbreiterung nach aussen, ohne abschliessende Linie, sich so in die Membran des Bauchstranges verliert, wie es eben ein der Oberfläche angehöriger Querstreifen thun muss.

Mit Rücksicht auf die Structur des „Bauchstrangs“, dessen Bedeutung noch unbekannt ist, will ich beifügen, dass die ihn bildende, feinfasrige Masse zufolge des Ansehens, welches Querschnitte haben, in einige bestimmte Längszüge gruppirt sein muss, denn die Fläche des Querschnitts ist so beschaffen, dass sie nicht eine gleichmässige Punktirung hat, sondern dazwischen einige scheidewandartige Linien erkennen lässt. Jener Theil der Hülle, welcher kammartig in die Bauchfurche sich einsenkt, zeigt nach Behandlung mit Essigsäure sehr dicht sich folgende Querkerne, und endlich zum Schluss sei auch noch erwähnt, dass vielleicht innerhalb des in der Bauchfurche herablaufenden Längskammes ein Hohlraum existirt, dessen Wand eben die Scheide des Bauchstranges ist; hierfür sprechen wenigstens einige Erscheinungen, die mir sowohl an Querschnitten begegnen, als auch an Längsstücken des isolirten Bauchstranges.

Neurologische Studien

von

Professor Dr. E. Reissner in Dorpat.

I.

Ueber die Darstellung mikroskopischer Präparate des Nervensystems.

Seitdem die Erforschung der histologischen Beschaffenheit des Nervensystems allgemeiner in Angriff genommen worden ist, haben sich auch die Angaben darüber beträchtlich vermehrt, wie die Objecte am zweckmässigsten für die Untersuchung vorbereitet werden. Wenn man alle Einzelheiten berücksichtigt, giebt es nicht viel wenigere derartige Methoden, als Bearbeiter der Structur und Textur des Nervensystems aufgetreten sind. Ein solches Verhältniss erscheint auch als in der Sache selbst begründet und folgt aus der Selbständigkeit der Forscher; wollte Jemand, der für seine wissenschaftlichen Leistungen Anerkennung verlangt, eine von ihm erfundene oder modificirte, besondere Vortheile gewährende Methode verschweigen, so würde er der strengsten Rüge von allen Seiten gewiss sein können. Ich bin indessen der Ueberzeugung, dass unter deutschen Gelehrten eine solche Geheimthuerei nicht angetroffen wird.

Aus den vielen vorliegenden Angaben hält es schwer, eine von vornherein als die beste zu bezeichnen, da fast jeder Autor seine Methode für die beste erklärt und als solche empfohlen hat; in der Regel findet man jedoch in den betreffenden Schriften keine oder nicht erschöpfende, vergleichende Erörterungen, aus denen sich eine Begründung der Vorliebe für eine bestimmte Methode herleiten liesse. Daher mag es denn gekom-

men sein, dass die eine oder die andere, sehr zweckmässige Angabe nicht die gehörige Beachtung und Verbreitung gefunden hat. So wünschenswerth es nun auch sein mag, genaue Untersuchungen und ausführliche Erörterungen über alle vorgeschlagenen Methoden zu erlangen, so schwierig wäre es, hierbei allen Anforderungen nachzukommen. Wollte man etwa die Erhärtung der Präparate durch Chromsäurelösungen prüfen, so würde es nicht genügen, blos die Concentration derselben genau zu bestimmen, man müsste z. B. auch die Menge der Flüssigkeit zur Grösse des Präparates berücksichtigen, ferner, ob das Präparat ein ganzer Theil des Nervensystems oder blos ein abgeschnittenes Stück desselben ist. Letztere Rücksicht scheint mir um so mehr der Beachtung werth, als man sich leicht davon überzeugen kann, dass Chromsäurelösungen keineswegs rasch und leicht grössere Theile durchdringen. Bei mehrfach wiederholten Versuchen, das kleine Gehirn des Menschen mit der Medulla oblongata und einem Theile der Medulla spinalis zu erhärten, habe ich immer gefunden, dass die Medulla spinalis und Medulla oblongata nach einiger Zeit die erforderliche Härte erlangt hatten, während das kleine Gehirn nur an der Oberfläche fest geworden und das Innere desselben in Fäulniss übergegangen war. Aehnliches erfährt man bei der Erhärtung des grossen Gehirnes vom Menschen und von grossen Säugethieren. Höchst wahrscheinlich ist es auch nicht gleichgültig, ob die Objecte von einem jüngeren oder älteren Körper hergenommen sind; gewiss wissen wir, dass das Rückenmark verschiedener Thierspecies schon ursprünglich einen sehr verschiedenen Härtegrad darbieten kann und auch sehr verschieden von Chromsäurelösungen erhärtet wird. Gewöhnlich findet man die Behauptung, dass das Rückenmark kleinerer Thiere eine schwächere Lösung erfordere; ich muss jedoch gestehen, dass z. B. das Rückenmark der Maus, der Ratte, des Kaninchens u. s. w. mir selbst durch sehr schwache Lösungen, wenn endlich einmal die schnittfähige Härte eingetreten war, doch nicht so schöne Präparate geliefert hat, als z. B. das Rückenmark des Rindes, mochte dieses mit schwachen oder mit starken Chromsäurelösungen behandelt worden sein. —

Die durch Chromsäurelösungen erlangte Härte ist wiederum eine sehr verschiedene, ohne dass dafür ein Maass gefunden wäre. Meist wird angegeben, es sollen die Stücke nicht brüchig sein und sich leicht schneiden lassen; aber ich weiss auch, dass Objecte in einer Hand zerbröckeln, während sie in einer anderen brauchbare Präparate liefern. Bisweilen ist auch ein Stück des centralen Nervensystems scheinbar sehr gut erhärtet und lässt sich leicht schneiden, während die mikroskopische Untersuchung des Segmentes lehrt, dass z. B. die Nervenzellen eine arge Verschrumpfung erfahren haben oder der Centralkanal des Rückenmarkes eine ganz abweichende Gestalt erlangt hat oder dessen Epithelialzellen bis zur Unkenntlichkeit verzogen sind, oder selbst die äussere Form des betreffenden Theiles wesentlich eine andere geworden ist. — Ebensowenig wissen wir etwas Positives über die Zeit, nach welcher die Einwirkung der Chromsäure beendet werden soll. Ueber alle diese und manche ähnliche Umstände bin auch ich nicht im Stande, eine Reihe methodisch gewonnener Thatsachen vorzuführen, aus denen feste Regeln für die Vorzüge der einen oder der anderen Behandlungsweise abgeleitet werden könnten; doch habe ich theils allein, theils in Gemeinschaft mit meinen Schülern die meisten Methoden, welche in den letzten Jahren vorgeschlagen worden sind, einer anhaltenden Prüfung unterworfen und werde demnach die Erfahrungen mittheilen, welche ich hierbei gewonnen habe, und vor Allem die Methode beschreiben, welche mir die vorzüglichsten Präparate geliefert hat. Ich fühle mich hierzu um so mehr gedrungen, als ich dadurch den Maasstab herzugeben glaube, nach welchem die Angaben zu beurtheilen sind, welche ich über das Nervensystem gemacht habe und noch zu machen beabsichtige.

Als Erhärtungsmittel an und für sich haben der Alkohol und die Lösungen von chromsaurem Kali oder krystallisirter Chromsäure den gleichen Werth, wenn nur die Theile des centralen oder peripherischen Nervensystems, welche untersucht werden sollen, in unverletztem und frischem Zustande sind und einen nicht gar zu grossen Umfang haben. Anfänglich gab ich dem Alkohol den Vorzug, weil er am schnellsten und auch

in kurzer Zeit vollständiger die ausgewählten Theile durchdringt als Chromsäurelösungen und eine reinlichere Behandlungsweise abgiebt. Später jedoch habe ich ihn ganz aufgegeben, nachdem ich die Erfahrung gemacht hatte, dass sich bei seiner Anwendung kleinere und grössere, rundliche Concretionen bilden, welche die Nervensubstanz zerstören. Bisweilen waren solche Ablagerungen (im Rückenmark des Rindes) nur in geringer Menge vorhanden, in anderen Fällen aber so bedeutend, dass kein brauchbarer Schnitt für die mikroskopische Erforschung der Structurverhältnisse gewonnen werden konnte. Ganz eben solche Ablagerungen habe ich auch in vielen Präparaten des Nervensystems, welche schon lange Zeit in der anatomischen Sammlung in Alkohol aufbewahrt waren, bemerkt: es sind daher Spirituspräparate, wenigstens von höheren Wirbelthieren und vom Menschen, nicht mehr brauchbar, um an ihnen histologische Beobachtungen anzustellen. Bei der Anwendung von Chromsäurelösungen habe ich Nichts der Art beobachtet, jedoch liefert auch hier die Erhärtung keineswegs immer untadelhafte Präparate. Oben habe ich bereits dessen erwähnt, dass Chromsäurelösungen nicht rasch und bei einiger Umfänglichkeit auch nicht vollständig die Theile durchziehen, wodurch oft werthvolle Stücke verloren gehen. Ferner findet man die graue Masse des centralen Nervensystems an Chromsäurepräparaten bisweilen von zahlreichen, kleineren oder grösseren Lücken durchsetzt, das Gewebe vielfältig zerrissen: nicht selten sind grosse, mit blossem Auge sichtbare Höhlungen vorhanden; in anderen Fällen entstehen netzförmige und faserähnliche Bildungen, deren widernatürlicher Ursprung sich daraus entnehmen lässt, dass sie in überaus variabler Weise auftreten. Als ein Beispiel will ich hierfür blos die graue Masse, welche den Centralkanal im Rückenmark des Hechtes umgiebt, anführen. Gegenwärtig lässt sich wohl kaum schon eine ganz befriedigende Erklärung dieser Veränderungen geben; man könnte sich die Entstehung so denken, dass in der grauen Masse Continuitätstrennungen dadurch hervorgerufen werden, dass sie sich unter der Einwirkung der Chromsäure stärker contrahire, als die weisse Masse, aber doch mit dieser untrenn-

ber zusammenhänge, indem sie entweder rings von ihr umgeben oder über sie ausgespannt ist, oder dass die Chromsäure gewisse Stoffe der grauen Masse entziehe, um sich mit ihnen zu verbinden, und dadurch Lücken zurücklasse. — Oft zeigen sich die Lücken in der Umgebung von Zellen oder Kernen, die wie von einem lichten Hof umgeben sich ausnehmen; Lücken, welche blos Kerne enthalten, können bei flüchtiger Beobachtung leicht mit dem Zelleninhalt verwechselt werden. — Ein anderer Uebelstand bei der Erhärtung durch Chromsäurelösungen ist der, dass der Inhalt der Nervenzellen häufig unregelmässig contrahirt angetroffen wird; dann ist es nicht leicht zu ermitteln, welches die eigentliche Gestalt der Zellen war. Haben die Zellen dabei eine beträchtliche Grösse, so wird man in der Regel immer noch so viel mit Sicherheit bestimmen können, dass wirklich ein Zelleninhalt vorhanden sei. Sind aber die Zellen klein, so wird die Sache oft sehr schwierig oder ganz unmöglich, wenn man nicht frische Präparate zu Rathe zieht. Die Markzellen aus Säugethierknochen sind z. B. solche Zellen, von denen man an Chromsäurepräparaten nur Kerne vor sich zu haben glaubt. Ebenso wie der Zelleninhalt erscheinen auch die Zellenfortsätze an Chromsäurepräparaten oft nur in sehr ungenügender Weise; in anderen Fällen sind sie freilich auch nicht selten sehr schön erhalten und über weite Strecken zu verfolgen. Darf man, wenn solche Verschiedenheiten bei einer und derselben Thierspecies sich zeigen, den Grund dafür in einer ursprünglichen, histologischen Verschiedenheit suchen? — Auch das Epithel, welches den Centralkanal auskleidet, lässt oft sehr viel zu wünschen übrig.

Den angegebenen Uebelständen suche ich in folgender Weise zu entgehen; muss jedoch gestehen, dass ich nicht immer zum Ziel gelangt bin. Wenn es irgend möglich ist, sollen die Centraltheile des cerebrospinalen Nervensystems ganz aus ihren Höhlen herausgenommen werden, damit die Chromsäurelösung von allen Seiten gleichmässig einwirken könne. Bei dem Rückenmark des Frosches und verschiedener Fische habe ich mich davon überzeugt, dass eine blosse Eröffnung des Rückgratkanals meist nicht eine so gleichmässige und genügende

Erhärtung, als man sie verlangen muss, gestattet. — Oefter schien mir die Verschrumpfung der Nervenzellen dadurch vermieden zu werden, dass ich die betreffenden Stücke zuerst auf etwa 24 Stunden in Alkohol legte und dann erst in Chromsäure; ferner dadurch, dass ich eine ganz schwache Lösung von einem Procent und weniger anwandte, sie aber oft erneuerte und dabei die zu erhärtenden Theile absichtlich in eine andere Stellung brachte. Es versteht sich wohl von selbst, dass die Theile sich einander nicht drücken dürfen, sondern möglichst frei liegen sollen.

Wenn nun die Objecte den erforderlichen Härtegrad, den man jedoch nicht anders mit völliger Sicherheit erfahren kann, als durch Herstellung mikroskopischer Präparate, erlangt haben, so lege ich sie in schwachen Alkohol, theils um sie von der Chromsäure, welche sich nicht mit ihnen verbunden hat, zu reinigen, theils, um sie für eine spätere Zeit aufzuheben. Sie können nun auch sogleich zur Anfertigung feiner Schnitte für die mikroskopische Untersuchung verwendet werden. Ich selbst habe zahlreiche Präparate der Art benutzt und muss gestehen, dass sie oft recht gut sind; allein sie halten einen Vergleich mit den durch Carmin gefärbten Präparaten nicht aus; diese sind viel schöner. Gewiss werden auch alle Histologen Gerlach für die Einführung des Carmins in die Mikroskopie unbedingt zum höchsten Dank sich verpflichtet fühlen.

Um demnach die Objecte zu färben, bringe ich sie in rothe Dinte, wie diese in den Schreibmaterialienhandlungen unter dem Namen: „Carmin fin“ oder „Carmin extra“ und dem Siegel: „Petite vertu. E. J. L. Guyot. Rue du Mouton No. 5.“ zu haben ist. Diese rothe Dinte enthält nach einer chemischen Untersuchung, welche Prof. Claus auszuführen die Gefälligkeit hatte, durchaus kein Kali oder Natron, welche beiden Stoffe sonst zur Herstellung derselben bisweilen angewendet werden sollen, sondern blos Ammoniak und etwas Gummi. Die reine ammoniakalische Carminlösung, welche ich mir oft bereiten liess, hat die Unbequemlichkeit, dass sie, auf feine Schnitte gebracht, Flocken bildet, welche das Präparat verunreinigen und gewöhnlich nicht wieder ganz fortgeschafft werden

können. Ich habe übrigens die Färbung schon für das Mikroskop zubereiteter Schnitte durch Carmin aufgegeben oder nur auf frische, nicht mit Chromsäure behandelte Präparate beschränkt, nachdem ich einmal in Erfahrung gebracht hatte, dass auch grössere Stücke des Nervensystems in verhältnissmässig kurzer Zeit von dem Farbstoff durchdrungen werden; auch kommt man so jedenfalls rascher zum Ziel, wenn man eine grössere Menge von Präparaten anzufertigen beabsichtigt. Ich kann freilich auch nicht verschweigen, dass man nicht selten, nachdem man von der Oberfläche eines gefärbten Stücks einige Schnitte abgetragen hat, die Entdeckung macht, dass in der Tiefe viel weniger oder gar kein Farbstoff aufgenommen ist. Allein dem kann man leicht dadurch abhelfen, dass man das Stück auf's Neue in die rothe Dinte legt. Je nach dem Umfange können die Stücke überhaupt 24 Stunden bis 14 Tage in der Färbelösung verbleiben, ohne dass dadurch Veränderungen in den Texturverhältnissen eintreten; über eine längere Dauer besitze ich keine Erfahrungen.

Sind die Theile hinreichend gefärbt oder hält man sie dafür, so werden sie wieder in Alkohol gelegt, um den überschüssigen Farbstoff zu entfernen und sie für die weitere Behandlung durch Entziehen von Wasser vorzubereiten.

Darauf geht man zur Anfertigung feiner Schnitte, wie sie die mikroskopische Untersuchung erfordert, über. Bekanntlich bedarf es dazu eines scharfen, hohlgeschliffenen Rasirmessers. Man kann nicht genug Sorgfalt auf das Messer verwenden, wird aber dabei auch bald die Ueberzeugung gewinnen, dass die Mühe reichlich belohnt wird; mit einem stumpfen, schartigen Messer sind nimmer brauchbare Präparate zu erlangen. Stilling sagt in seinen „neuen Untersuchungen über den Bau des Rückenmarks", Seite 1037: Das Messer „wird auf beiden Flächen (die von allen anhängenden Unreinigkeiten frei sein müssen) mittels eines Pinsels mit Alkohol befeuchtet, und ausserdem wird auf die obere Fläche der Klinge vor dem Beginn des Schnittes möglichst viel Alkohol aufgetröpfelt, so dass auf dieser gewissermaassen ein Strom der genannten Flüssigkeit befindlich ist." Dieses Verfahren scheint mir umständlich, un-

bequem und zeitraubend und kann leicht dadurch ersetzt werden, dass man das Rasirmesser in eine flache Schale mit Alkohol taucht und von letzterem soviel mit der einen hohlen Fläche schöpft, als möglich ist oder für nothwendig erachtet wird. — Für kleine, besonders dünne Theile des Nervensystems ist Stilling's Angabe (Seite 1039), dass man sie vor dem Schneiden in grössere, erhärtete Stücke eines Gehirns oder Rückenmarkes, auf dessen Untersuchung eben nichts ankommt, einklemme, sehr zu empfehlen. Es ist dann nicht blos bequemer, die betreffenden Theile zu handhaben, sondern es werden die Schnitte viel eher sehr dünn und gleichmässig, indem man oft, nachdem ein ebnender Schnitt durch die umhüllende Substanz und das Object der Untersuchung gemacht worden, noch ein, zwei, ja selbst drei Schnitte durch letzteres allein ausführen kann, während die Hülle, vom angesetzten Messer etwas comprimirt, zurückweicht, selbst nicht zerschnitten wird und dem Messer als leitende Stütze und Unterlage dient. — Hat man einen genügend erscheinenden Schnitt erhalten, so bietet die Uebertragung desselben auf das Objectglas bisweilen einige Schwierigkeiten dar, wenn nämlich der Alkohol während des Schneidens zum grössten Theil von dem Messer abgeflossen ist und der Schnitt daher dem Messer adhärirt. Man halte das Messer dann schräg, mit abwärts geneigtem scharfem Rande, auf dem Objectträger und lasse eine erforderliche Quantität von Alkohol von dem anderen Rande her sich ergiessen; in der Regel wird der Schnitt dadurch flott und schwimmt auf den Objectträger. — Nun entferne man allen überschüssigen Alkohol und betrachte das Präparat bei einer geringen Vergrösserung, um etwaige Verunreinigungen zu entfernen. Baumwollen- oder Leinfäden, Härchen, Fragmente der zur Umhüllung gebrauchten Substanz u. s. w. lassen sich mit einer Nadel oder feinen Pincette fortnehmen oder durch einen auffallenden Tropfen Alkohol wegschwemmen. Bisweilen wird man zu einem Pinsel greifen müssen, der natürlich selbst vollkommen rein sein muss und nicht haaren darf. Jedenfalls gelingt das Reinigen jetzt viel eher als später. — Ist das Präparat soweit als brauchbar befunden, so wird man es oft so-

gleich zur histologischen Untersuchung bei starken Vergrösserungen verwenden. Es können solche Präparate nicht entbehrt werden, wenn es sich darum handelt, die Markhaltigkeit der Nervenfasern zu constatiren; auch eignen sie sich ganz besonders dazu, bei schwächeren oder stärkeren Vergrösserungen genau die Grenzen zwischen der grauen und weissen Masse der Centraltheile des Nervensystems festzustellen, was bei den noch weiter behandelten Präparaten nicht immer ganz leicht ist. — Um solche Präparate aufzubewahren, kann man sie im Alkohol liegen lassen oder statt dessen eine Chlorcalciumlösung, welche freilich die schöne rothe Farbe etwas bläulich macht, aber nicht ganz zerstört, hinzuthun, die Präparate mit einem Deckgläschen bedecken und verkitten; Glycerin schien mir zu dem Zwecke, die Präparate unverändert zu erhalten, weniger geeignet.

Will man den Präparaten eine grössere Durchsichtigkeit geben, so muss man soviel als möglich von dem auf dem Objectträger befindlichen Alkohol entfernen, natürlich mit der Vorsicht, dass nicht auf's Neue Unreinigkeiten hinzukommen, und dann einen Tropfen Terpentinöl auf das Präparat selbst fallen lassen. Das Terpentinöl soll den Alkohol, welcher noch in dem Präparate enthalten ist, verdrängen. Dieses geschieht aber nur in der Weise, dass dem Alkohol Gelegenheit geboten wird, zu verdunsten. In Terpentinöl untergetauchte Schnitte werden mitunter selbst nach 24 Stunden noch nicht durchsichtig. Man beschleunigt die Einwirkung des Terpentinöls dadurch, dass man den aufgefallenen Tropfen mit einer Nadel ausbreitet. Nach einiger Zeit, etwa nach 5—15 Minuten, wird man wahrnehmen, dass die Schnitte zuerst an einzelnen Stellen, dann ganz durchsichtig werden. Ist das Terpentinöl schon früher zum grössten Theil verdunstet, so muss es durch einen neuen Tropfen ersetzt werden. Die Schnitte dürfen ja nicht eintrocknen; ist es aber dennoch geschehen und man benetzt sie dann mit Terpentin, so werden sie freilich im Moment ganz durchsichtig, aber man findet auch, dass sie durch das Eintrocknen vielfältig zerrissen und meist zur weiteren Verwendung ganz unbrauchbar geworden sind. — Es ist gleichgültig,

ob man die Präparate in dem Zustande, welchen sie durch das Terpentinöl erlangt haben, untersucht, oder ob man zuerst noch auf sie einen Tropfen Canadabalsam, der mit etwas Terpentinöl versetzt war und an einem Glasstabe über einer kleinen Flamme erwärmt wurde, fallen lässt, ein erwärmtes Deckgläschen darüber legt und dann zur Untersuchung schreitet; im letzteren Falle stellen sich keine weiteren Veränderungen mehr ein. — An solchen durchsichtig gemachten oder geklärten Präparaten tritt vor Allem das Nervenmark zurück und zwar, wie ich glaube, blos dadurch, dass das Lichtbrechungsvermögen des Terpentinöls dem der Marksubstanz gleich oder fast gleich ist. Dagegen erscheinen nun die rothgefärbten Axencylinder, die Zellenfortsätze, die Blutgefässe, die Nervenzellen, namentlich die kleinen und die Kerne oder Bindegewebskörper, sowie die verschiedenen Streifungen der grauen Substanz überaus deutlich, jedenfalls viel deutlicher, als wenn man nicht mit Carmin gefärbte Präparate durch Schwefelsäure, Kali-, Natron- oder Chlorcalciumlösungen aufzuhellen versucht hat. Bekanntlich hat Schröder van der Kolk die Chlorcalciumlösung besonders empfohlen; ich kann jedoch nicht umhin, zu gestehen, dass ich nur eine sehr geringe Klärung durch dieselbe hervorzurufen im Stande war und dass sie meinen Erfahrungen nach nicht im Enferntesten dem Terpentinöl in der Wirksamkeit gleichkommt. Auch durch die Anwendung von Alkohol mit Essigsäure, welche nach Clark der Behandlung mit Terpentinöl vorausgehen soll, habe ich keine entschiedenen Vortheile erlangen können.

Dorpat, den 13. Mai 1861.

Ueber das Ei von *Gale erminea*.

Von

Dr. H. A. Pagenstecher in Heidelberg.

(Hierzu Taf. XIVa.)

Die Brunstzeit aller heimischen Marder, Iltisse und Wiesel fällt in den Ausgang des Winters. Im Allgemeinen geht die der grösseren Arten voran und beginnt wohl schon im Januar, wenigstens im Februar; die der kleineren Arten, besonders des Wieselchens und Hermelinchens, liegt erst im März. Die Paarung wird sogar in der Regel erst nach der Mitte des Märzes für dieselben stattfinden, weil die Wurfzeit Ende Mai fällt und selbst die grösseren Marder nur 8 oder 9 Wochen tragen, überall aber bei kleineren Arten gleicher Geschlechter die Dauer der Schwangerschaft geringer ist. Dadurch wird es dann gleichzeitig erreicht, dass für die verschiedenen Arten die Wurfzeit näher zusammenliegt als die Ranzzeit.

Als ich nun am 4. März 1861 ein frisch geschossenes weibliches Hermelinchen erhielt, welches im weissen Winterkleide das Haar noch vollkommen festsitzen hatte, konnte ich somit kaum erwarten, dass bei diesem Thiere schon die Brunst eingetreten oder die Begattung vollzogen sei, obwohl die milde Frühlingswitterung diese Vorgänge etwas früher hätte eintreffen lassen können.

Die Untersuchung der Begattungsorgane ergab denn auch nicht jene charakteristische Schwellung, Röthung und Beschmutzung dieser Theile, wie sie um die Brunstzeit, und besonders, wenn wirklich wiederholte Begattung stattgefunden hat, sich zeigen, so dass die Annahme soweit gerechtfertigt erschien, die Brunstzeit sei entweder wenigstens noch nicht

vollkommen eingetreten, oder sie sei schon seit einer Reihe von Tagen vollkommen abgelaufen und damit ihre Zeichen schon wieder verschwunden, welches letztere denn doch schon nach den oben gegebenen Daten weniger wahrscheinlich war. Weiter fanden sich allerdings die analen Drüsensäcke sehr vollkommen gefüllt und der Inhalt derselben, bei leisester Berührung vorquellend, von sehr starkem Bisamgeruch. Die Eierstöcke, geschwellt und zierlich von der stärker gewundenen Kreisfalte der Tuben eingerahmt, zeigten eine grosse Zahl hoch entwickelter Graaf'scher Follikel, zum Theile jedenfalls dem Platzen nahe.

Die Gebärmutterhörner waren mässig injicirt, aber in allen Dimensionen gross, die Uterindrüsen kräftig entwickelt[1]), die innere Oberfläche der Hörner durch wellige Längsfurchen abgetheilt und von sammtartigem Ansehen. Eins der durch die Längsfurchen entstehenden langen, streifenartigen Felder der Innenwand jedes Hornes, und zwar dasjenige, welches aussen der Befestigungslinie und dem Gefässverlaufe entsprach, war durch quere Eindrücke in eine Anzahl fast quadratischer Feldchen weiter eingetheilt.

In den Geschlechtswegen fand sich nirgend eine Spur von Samenelementen.

Es schien sich somit der Zweifel in Betreff der Brunst dahin aufzuhellen, dass dieselbe erst in der Entwickelung begriffen gewesen sei.

Nun fanden sich aber dennoch bereits im linken Uterinhorne drei Eichen vor und im rechten eins. Alle lagen nahe dem unteren Ende der Hörner und es war nur eins etwas angeklebt, sich in die Tiefe einer der Längsfalten senkend; die übrigen lagen ganz frei und rollten leicht mit der auf der Schleimhaut liegenden Flüssigkeit auf die Glasplatte. Da die Eichen fast ein Millimeter maassen, so konnte nicht wohl ein weiteres oder gar mehrere übersehen werden. Ich mache hierauf aufmerksam, weil in der Regel die Anzahl der vom Hermelinchen geworfenen Jungen bedeutender ist, etwa fünf bis

---

1) Taf. XIV, Fig. III.

acht, so dass auch hierin ein weiteres Motiv läge, die Brunstzeit nicht als abgelaufen zu betrachten.

Dagegen ergab die genauere Untersuchung, dass die Entwickelung an allen vier Eichen ein Stadium erreicht hatte, dessen Zustandekommen man wohl in der Regel als nur nach der Befruchtung durch das Sperma möglich erachtet. Dieselben bestanden zunächst aus einer klaren Dotterhaut, welche sich schon bei der Betrachtung mit blossem Auge wahrscheinlich in Folge der nach Eröffnung der Uterinhörner eingetretenen Verdunstung, an allen Eiern, und auch wenn noch in situ, mit ein Paar in den grössten Kreisen liegenden, einander ziemlich senkrecht durchschneidenden Falten eingesenkt zeigte[1]). Richtete man auf diese Falten das Mikroskop, so trieben in den Furchen die feinen Molekeln des Uterinsekrets in rascher Jagd um das Eichen herum, ohne Zweifel bewegt durch die diosmotischen Vorgänge. Wenn die Eichen in Zuckerlösung gebracht wurden, so verschwanden diese Falten durch die Quellung des Eies; die Dotterhaut war dann durchaus prall und im Allgemeinen, mit den sehr sparsamen nachher zu erwähnenden Ausnahmen, ganz glatt. Die Substanz der dünnen Dotterhaut selbst zeigte sich durchaus homogen.

Aus diesem Verhalten der Dotterhaut vor Zusatz irgend einer Flüssigkeit und unter Entziehung solcher, die in ihr selbst enthalten war, durch Verdunstung, beweist sich auf das Sicherste, dass der sehr bedeutende Zwischenraum, welcher sich zwischen der structurlosen Dotterhaut und der zelligen Keimblase befand, und von welchem wir jetzt handeln wollen, kein Kunstproduct war.

Es befanden sich nämlich die Eichen sämmtlich soweit fortgebildet, dass die Keimblase, als einfache peripherische Zellhaut fertig gebildet, einen Hohlraum umschloss, welcher ausser einem Quantum von Flüssigkeit noch den sogenannten Rest von Furchungskugeln enthielt, welcher durch seine geringere Durchsichtigkeit sofort auffiel. So lange die Dotterhaut gefalten war, erschien auch die Keimblase durch die Verdunstung

1) Taf. XIV, Fig. I.

etwas unregelmässig, bei Einlegung in Zuckerwasser aber zeigte sie sich unter dem Mikroskope bei leichter Compression schön gerundet. Ihr Durchmesser betrug nur ein Drittheil des Durchmessers des von der Dotterhaut umschlossenen Raums und sie erschien in der krystallhellen umgebenden Flüssigkeit schon dem blossen Auge bei auffallendem Lichte als weisslicher Kern im Ei, oder genauer, am Rande des Eies schwimmend. Die Dicke der sehr stark ausgedehnten Dotterhaut war sehr unbedeutend.

Die Vergleichung dieser in den Uterinhörnern nahe deren unterem Ende angelangten Eichen mit einem der grössten Eikeime aus einem stark geschwollenen Graaf'schen Follikel im Eierstocke ergab folgende Maasse für die verschiedenen Eitheile:

1. Eichen aus dem Eierstocke.

Durchmesser des ganzen Eies	0,0710 mm.
Dicke der Dotterhaut oder Zona pellucida	0,0140 mm.
Durchmesser des freien Raums zwischen Zona und Dotter	0,0017 mm.
Durchmesser des Dotters	0,0536 mm.

2. Eichen aus dem Uterinhorn.

Durchmesser des ganzen Eies	0,8700 mm.
Dicke der Dotterhaut	0,0035 mm.
Durchmesser des freien Raums zwischen Dotterhaut und Keimblase, bei centraler Lage letzterer	0,2900 mm.
Durchmesser der Keimblase	0,2800 mm.

Im Vergleiche mit dem Durchmesser des ganzen Eies erscheint also die Dotterhaut der Eier im Uterus ausserordentlich verdünnt, sie ist sogar absolut auf ein Viertel der Dicke der Zona pellucida im Graaf'schen Follikel reducirt; berechnen wir jedoch ihr Volumen, so finden wir leicht, dass ihre Masse sich vom Eichen im Eierstocke an auf das 45fache steigern musste, um bei der grossen Ausdehnung des Eies auch nur diese Dicke zu bewahren. Die Massenzunahme der übrigen Eitheile ist natürlich weit bedeutender.

Die mikroskopische Untersuchung der einzelnen Bestand-

theile der Uterineier ergab, dass ausser sparsamen anklebenden Moleculen an der äusseren Fläche der Dotterhaut hier und da sehr kleine Spitzchen, etwas gedrehten Fadenendchen ähnlich, aufsassen[1]). Dieselben waren sehr selten und nur einmal fand sich ein solcher Auswuchs etwas grösser und ein wenig verästelt[2]). An dem Rande von Fig. II ist fast Alles zusammengestellt, was sich von solchen Anhängen an den verschiedenen Eiern entdecken liess.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass wir hier die ersten Anfänge der Chorionzellen vor uns haben.

Die die Keimhaut umgebende Flüssigkeit erschien ganz hell. Die Zellen selbst, welche die Keimhaut constituiren, besitzen, wenn auch blasse, doch deutliche, helle Membranen. Sie messen 0,014—0,02 mm. und sind mit stark lichtbrechenden Körnchen besetzt. Sie sind rundlich und in der zwischen ihnen bleibenden Masse liegen zahlreiche feine Molecule eingebettet.

Solche Molecule dürfen wohl als die im Lebensprocesse der einzelnen Zelle auf ihrer Oberfläche und in der Zellenvermehrung auf der Oberfläche der Brut, also im Binnenraume der Mutterzelle abgeschiedene Auswurfstoffe betrachtet werden. Sie entstehen in Folge der Veränderungen, welche das umgebende Fluidum durch die durch ihre Hülle hindurch sich nährende und mehrende Zelle erleidet, in Folge einer Art von Verdauung auf äusserer Fläche. Ein sehr ähnlicher Vorgang findet im Ei der Trematoden Statt, wo die Keimzelle aus dem ihr später zugelegten und dann in eine Schale mit ihr eingeschlossenen Dotter das Nährmaterial entnimmt, diosmotisch einen Theil verbrauchend, einen anderen zurücklassend, oder vielleicht richtiger, das Ganze in eine Verbindung niederen Ranges umwandelt. Die stärkere Lichtbrechung ist für solche gewissermaassen excrementielle Stoffe charakteristisch.

In einem Falle war die intercellulare Substanz der Keimhaut bereits zu einem streifigen Ansehen gelangt, die Zellen in derselben waren etwas spindelförmig ausgezogen.

---

1) Taf. XIV, Fig. IIa.
2) Taf. XIV, Fig. IIb.

Um den Rest von Furchungskugeln befand sich ein deutlicher heller Saum. Eine Spur der Anlage eines Fruchthofes war nirgends zu entdecken.

Die Uterindrüsen, bis zu 0,1 mm. lang, zum Theil einfach, zum Theil zu mehreren in gemeinsamer Mündung sich öffnend, waren in der Art geschwellt, dass ihre Contouren durch die überragenden Drüsenzellen höckrig erschienen. Aber nicht allein waren ihre Secretionszellen gross und zahlreich, es lag auch in ihrem Hohlraum bereits ein starker fettiger, hier und da etwas krümlicher Inhalt, wahrscheinlich durch die Abkühlung nach dem Tode geronnen, während das aus den Drüsen ausgetretene Secret in zahlreichen, feinen Moleculen die Schleimhaut überdeckte.

Dieses Secret der Uterindrüsen ernährt die Eichen, sowie die Milch, eine Absonderung analoger Drüsen, das geborne Junge, nur muss hier die Nahrung durch die für diosmotische Vorgänge sehr geeignete Dotterhaut filtrirt und dann von der Keimhaut verarbeitet werden. So darf man den grossen Zwischenraum zwischeu Dotterhaut und Keimhaut vielleicht als ein Reservoir betrachten, durch welches eine grössere Regelmässigkeit und Sicherheit dafür gegeben wird, dass die Keimhaut genügendes Nährmaterial um sich finde.

Wenn wir bedenken, dass sonst das eingebrachte Sperma noch nach einer Reihe von Tagen im Uterus beobachtet werden kann, dass bei kleinen Säugern seine Menge verhältnissmässig bedeutend ist (vergl. meine Mittheilung über die Begattung von *Vesperugo pipistrellus*[1]), und dass dagegen sich hier gar keine Spur von Samenflüssigkeit in den gesammten Geschlechtswegen vorfand, so dürfen wir wohl annehmen, dass in diesem Falle eine Begattung noch nicht stattgefunden habe. Denn der Zustand, in dem die Eichen sich befanden, hätte der Befruchtung noch zu nahe gelegen, falls diese überhaupt eingetreten wäre, als dass seitdem ein Zerfall der Samenfäden bis zur vollständigen Unkenntlichkeit hätte geschehen können.

Es bleibt uns demnach nur übrig, anzunehmen, dass bei

---

1) Verhandl. d. naturh.-med. Vereins zu Heidelberg. Bd. I, S. 194.

Gale erminea die Ausbildung der Keimhaut bis zu der beschriebenen Beschaffenheit ohne Befruchtung stattfinden könne.

Ob nun aber die starke Ausdehnung der Dotterhaut normal sei oder ob sie ein Zurückbleiben der Keimhaut in der Entwickelung bedeute und als ein hydropischer Zustand zu betrachten sei, das zu entscheiden fehlt vorläufig der Anhalt, der nur durch Vergleich entsprechender Fälle gegeben werden kann.

Ein solcher krankhafter Zustand könnte dann Folge der nicht eingetretenen Befruchtung sein, die Anheftung der Eier hindern und vielleicht schon bei einigen Eiern zum Platzen der Dotterhaut sich steigernd, deren Untergang herbeigeführt haben. Dadurch wäre dann freilich eine zweite Möglichkeit gegeben die geringe Eizahl zu erklären. Da auch später hydropische Zustände des Eies so gewöhnliche Folgen der Störung seiner Lebensvorgänge, besonders der Ernährung sind, so kann gewiss auch diese Hypothese als vielfach gestützt betrachtet werden.

Ueber das Ei von *Atherina hepsetus.*

Von

Dr. H. A. Pagenstecher in Heidelberg.

(Hierzu Taf. XIV b.)

Als ich im Frühjahr 1860 in Nizza verweilte, kamen in der ersten Hälfte des Monats März sehr bedeutende Quantitäten der winzigen *Atherina hepsetus*[1]) auf den Fischmarkt und bildeten sowohl roh als zubereitet ein gesuchtes, wohlschmeckendes Gericht.

---

1) Beide Namen finden sich bei Aristoteles für Fische: ἀθερίνη und ἐψητός.

Es ergab sich bei der Untersuchung alsbald, dass diese Fischchen den Strand aufgesucht hatten, um dort zu laichen und da sie lebend in meine Hände gelangten, setzten einige die Eier noch im Pokale mit Salzwasser ab, in welchen ich sie gesetzt hatte.

Die sonderbaren Gebilde, mit welchen die Schale dieser Eier bekleidet war, veranlassten mich schon damals, eine genaue Zeichnung eines solchen Eies zu machen, welche ich hiermit veröffentliche [1]). Erst jetzt fand ich Zeit, an den in Alkohol aufbewahrten Exemplaren nachzusehen, wo und wie jene Schalengebilde wohl ihre Entstehung finden möchten, nachdem ich mich schon damals überzeugt hatte, dass sie an den Eiern im Ovarium fehlten.

Die abgelegten Eier von *Atherina hepsetus* haben, indem sie, beinahe kuglig, doch an einem Ende ein wenig gespitzt erscheinen, eine Form, welche am ersten mit der einer Erdbeere verglichen werden kann. Sie messen etwa 0,63 mm. in der Länge und ebensoviel in der grössten Breite, und sind weisslich und durchscheinend. Der grössere Theil des Ei-Inhaltes ist ziemlich hell, aus grösseren Dotterkugeln bestehend, eine kleinere Schicht, welche am stumpfen Ende liegt, bräunlich, mehr feinkörnig. Auf diesem stumpfen Ende sitzt ein Kranz von Fäden auf, ein Segment von 0,3 mm. an der Eihaut umfassend. Die Fäden sind 0,3—0,6 mm. lang, je 0,0036 mm. breit und bis zu einer Länge von über 0,1 mm. in der Art mit einander verwachsen, dass sie bis dahin ein sehr enges Netz bilden, dessen Maschen etwa 0,007 mm. Durchmesser haben und sich in der Höhe 6 oder 7 Mal auf einander folgen und aus welchem dann die Fäden einzeln austreten. So wird eine Art von Trichter auf dem Eipole gebildet.

Wie es von vornherein gedacht werden musste, hängt dieses Fadennetz zusammen mit einem entsprechenden feinen Ueberzuge der Eihaut, der sich durch seine Faserstrichelchen, besonders auf dem mehr durchsichtigen Theile des Eies, und zuweilen auch durch stärkere Falten zu erkennen giebt, und

1) Taf. XIV, Fig. IV.

der also an dem stumpfen Pole, indem er als Netz sich abhebt, den Zugang zur Eihaut frei lässt. Die durch die umgelegte Schicht eingeschnürte Masse des Eies weicht etwas nach dem freien Pole aus und so entsteht die Erdbeerform. Durch diese Fäden bleiben die Eier an einander und an fremden Gegenständen leicht hängen.

Die Ovarien der jetzt untersuchten Fische fanden sich in verschiedenen Zuständen, entweder mit unreifen oder reifen Eiern angefüllt, oder entleert. Wie sich das bei Fischchen von nur etwa 5 Cm. Länge erwarten lässt, sind ihre Häute sehr fein, aber in den Eierstöcken, deren Eier noch nicht gereift sind, ist doch deren Entstehung auf quer geordneten zahlreichen Wülsten deutlich zu sehen. Die mit Eiern gefüllten Eierstöcke[1]) messen etwa 1 Cm. an Länge und enthalten zusammen etwa 2000 Eier. Eine wirkliche Zählung bei einem Exemplar von ziemlicher Grösse ergab ein Geringes mehr. Die Eierstöcke sind wie der zwischen und unter ihnen liegende Darm[2]) mit starken Blutgefässen[3]) versorgt. Bei nicht vollkommener Entwickelung der Eier oder nach Entleerung derselben kann man von den Eierstöcken die Eileiter als engere Kanäle[4]) unterscheiden, während sie im anderen Falle durch die Ueberfüllung mit Eiern ganz mit den Eierstöcken zu einem Sacke verschmolzen erscheinen. Sie vereinen sich zu einem verschwindend kurzen gemeinsamen, medianen Gange, der gleich hinter dem After mit einer sehr deutlichen, bei Füllung des Abdomen spitz vorragenden Papille[5]) mündet.

Da ich bemerkt hatte, dass die Eier im Ovarium jene Anhänge nicht besassen, so mussten die Organe zu deren Bildung an dem Ausgange der Eileiter gesucht werden und es liessen sich in der That an dieser Stelle Drüsen auffinden, die ohne Zweifel zu solchem Zwecke in Anspruch genommen werden[6]).

---

1) Taf. XIV, Fig. VIa.
2) Taf. XIV, Fig. V u. VIe-f.
3) Taf. XIV, Fig. VIb.
4) Taf. XIV, Fig. Vb.
5) Taf. XIV, Fig. V u. VId.
6) Taf. XIV, Fig. V u. VIc u. Fig. VII.

Man kann dieselben weit leichter darstellen, wenn die Ovarien nicht strotzend gefüllt sind. Sie bilden zwei Säcke, die in verschiedenen Stadien der Anhäufung gefunden werden, und deren stark lichtbrechendes Secret, wenn reichlich vorhanden, schlauchförmig angeordnet ist, ohne dass ich nun noch zu entscheiden vermöchte, wie weit das aus dem Bau der Drüsen oder der Art der Gerinnung abzuleiten sei. Sind sie leer, so scheint, wie das auch für die Eierstöcke gilt, der bei weitem grösste Theil des Epithels mit den gebildeten Producten ausgestossen worden zu sein, ihre Wandung ist dann sehr fein, mit Körnchen besetzt, Zellen kaum erkennbar. Das Secret dieser Drüsen wird sich um jedes an ihrer Mündung vorbeigehende Ei lagern und etwas ausgezogen, in seiner Erstarrung am hinteren Ende die Fadenanhänge bilden.

Ob diese letzteren für die Eier von *Atherina* nur die Wirkung haben, dass die zarten Eichen, in grösseren Massen zusammenbleibend und an fremde Gegenstände angeheftet, nun besser dem Wogenschlage Stand zu halten vermögen, oder ob die Bildung des Trichters für die Hinleitung des Sperma an an eine gewisse Stelle, ob das Freilassen einer Zone des Eies von einer festeren Umhüllung für die Athmung des Eies von Wichtigkeit sei, das bleibt vor der Hand vollständig Hypothese.

Heidelberg, 30. April 1861.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. XIVa. Fig. I. Ei von *Gale erminea* 50 Mal vergrössert.

Fig II. Dasselbe 150 Mal vergrössert. aa erste Anfänge der Chorionzellen, b eine solche Zelle schon etwas verästelt.

Fig. III. Eine Gruppe von Uterindrüsen, 400 Mal vergrössert.

Taf. XIVb. Fig. IV. Ei von *Atherina hepsetus*, 80 Mal vergr.

Fig. V. Die Ovarien im Zustande der unfertigen Eientwickelung, $2^1/_2$ Mal vergrössert. aa die Ovarien, bb die Eileiter, cc die accessorischen Drüsen, d die Geschlechtspapille, e der Darm, f die Afteröffnung.

Fig. VI. Dieselben im gefüllten Zustande. Die Buchstaben haben dieselbe Bedeutung wie für Fig. V, nur bezeichnen bb die Arterienstämme an den Eierstöcken.

Fig. VII. Eine gefüllte accessorische Drüse, 30 Mal vergrössert.

Die glatten Muskelfasern in den Eierstöcken der Wirbelthiere.

Von

Dr. Ch. Aeby.

(Hierzu Taf. XV.)

Contractile Elemente in den Ovarien der Wirbelthiere sind eigentlich ein physiologisches Postulat; der Nachweis ihres allgemeinen Vorkommens hat aber bis jetzt gefehlt, und es schien deshalb nicht überflüssig, die Sache einer weiteren Prüfung zu unterwerfen.

Bei den Fischen wurden glatte Muskelfasern zuerst durch Leydig[1]) nachgewiesen, im Ovarium von *Esox lucius*, *Perca fluviatilis* und *Salmo salvelinus*, sowie im Mesovarium von *Salmo fario.* Später wurde dieser Befund von Rouget[2]) auf die Lampreten, die Schleihe und mehrere *Squalus*arten ausgedehnt. Ein und dasselbe Verhalten scheint demnach der ganzen Classe eigenthümlich zu sein, doch hatte ich keine Gelegenheit zu eigenen Untersuchungen.

Bei den Reptilien finden sich Muskeln in ausgezeichneter Entwicklung. Ich beobachtete sie zuerst beim Frosch, sowohl bei *Rana temporaria* als bei *esculenta*[3]). Man sieht hier von

---

1) Leydig, Lehrbuch der Histologie des Menschen u. der Thiere. Frankfurt a. M. 1857, S. 508 u. 519.

2) Charles Rouget, Recherches sur les organes érectiles de la femme etc. Journal de la physiologie, publié sous la direction de Brown-Séquard, Tome I p. 480, note.

3) Eine vorläufige Notiz hierüber habe ich in diesem Archiv, Jahrgang 1859 S. 675, veröffentlicht. — Rouget sind sie auffallender Weise ganz entgangen (a. a. O. p. 483).

der Wirbelsäule her zwischen die Lamellen des Ovariums verhältnissmässig starke rundliche Stränge ziehn, welche durch weissliche Färbung sich auszeichnen und in ihrem Inneren die arteriellen Gefässe des Organes enthalten, während die Venen oberflächlich verlaufen. Zusatz von Essigsäure lässt eine grosse Menge stäbchenförmiger Kerne hervortreten, die sämmtlich mit ihrer Längsachse parallel dem Verlaufe des Gefässes geordnet, die Querfaserschicht dieses letzteren um so schärfer hervorheben (Fig. 1). Salpetersäure löst bei längerer Einwirkung das ganze Gewebe in lauter zierliche Spindeln auf, die sofort als glatte Muskelfasern sich erkennen lassen. Eigenthümlich ist vor Allem ihre scheidenförmige Anordnung um die Gefässe. Die Dicke der Scheide ist immer eine sehr beträchtliche, doch ohne zum Durchmesser des Gefässes in irgendeinem constanten Verhältnisse zu stehen. Im Allgemeinen schien sie ihm nahezu gleichzukommen, übertraf ihn aber nicht selten selbst um das Doppelte. Nach innen stossen diese Längsfasern unmittelbar an die Ringfaserschicht an, nach aussen setzen sie in einer glatten Oberfläche sich ab. Es ist ziemlich gleichgültig, ob man sie als eine Art von Adventitia oder aber als gefässführenden Muskelstrang auffassen will; mit jener können sie schon deshalb nicht ohne Weiteres zusammengestellt werden, weil sie zugleich die Nervenstämme des Ovariums umschliessen. Das Aussehen der isolirten Zellen selbst variirt beträchtlich je nach der Jahreszeit. Im Sommer zeigen sie nur in dem zwischen Wirbelsäule und Aorta ausgespannten Anfangstheile des Mesovariums ein normaleres Verhalten. Ihre Länge beträgt 0,132 — 0,320 Mm. im Mittel (0,059 — 0,445 in den Extremen), ihre Breite etwa 0,0123 (0,0099—0,0148) Mm. Sämmtliche Fasern sind ungefähr bis auf die Hälfte oder ein Drittheil ihrer Breite abgeflacht. In der Mitte, zuweilen etwas nach einem Ende gerückt, liegt ein schöner, stäbchenförmiger oder ovaler Kern, 0,013 (0,010 bis 0,015) Mm. lang und 0,007 (0,005—0,010) Mm. breit. Gegen den eiführenden Theil des Ovariums zu werden die Zellen ungemein schmächtig; auch der Kern verschmälert sich (0,0043 M.), erscheint jedoch in der dünnen, oft fadenförmigen Zelle als

mehr oder minder scharf abgesetzte, spindelförmige Anschwellung (Fig. 2). Die Zellen selbst sind häufig durchaus klar, zuweilen mit einem centralen, opaken vom Kern ausgehenden Streifen. Merkwürdig werden sie durch ihre ausserordentliche Länge, die im Mittel 0,287 Mm. beträgt, aber bis zu 0,640 Mm. hinaufsteigt und nicht leicht unter 0,167 Mm. herabsinkt. In gleicher Weise verhalten sie sich bis zu ihren Endausbreitungen, welche mit den feinsten arteriellen Gefässen unmittelbar im Umfange der Eier liegen; hier schienen sie nicht selten büschelförmig in die Membran des Eierstockes auszustrahlen. – Untersucht man diese Gebilde zur Zeit der Eireife, so wird man von der Schönheit ihrer Entwicklung überrascht. Ohne Ausnahme haben sie sich zu breiten Bändern umgestaltet, die neben feinkörnigem Inhalt einen zierlichen ovalen Kern von 0,019 (0,016—0,021) Mm. Länge enthalten. Mit No^5 isolirte Exemplare sind oft in Folge spiraliger Drehungen scheinbar varicös, die Ränder nicht selten mehr oder weniger regelmässig gekerbt. Die Länge fand ich gegen früher nicht verändert, 0,280 (0,207—0,400) Mm. im Mittel, die Breite dagegen auf 0,006 (0,005—0,008) Mm. vermehrt. Zugleich ist der Unterschied zwischen Kernanschwellung und Zelle durchaus ausgeglichen, so dass das Breitenwachsthum zunächst auf Rechnung der letzteren zu setzen ist. Mehrmals glaubte ich Zellen mit getheilten Enden vor mir zu haben, am deutlichsten in dem unter Fig. 3a abgebildeten Falle. Meines Wissens sind derartige glatte Muskelfasern bis jetzt noch nicht beobachtet worden und ich weiss recht wohl, wie leicht unvollständig isolirte Zellen zu dieser Täuschung Veranlassung geben können. Indessen glaube ich um so weniger in eine solche verfallen zu sein, als in dem Gebilde deutlich nur Ein Kern enthalten war, während es sonst deren zwei hätte aufweisen müssen. Die Theilung reichte bis in die Nähe der Kernes. Vielleicht darf dabei an die in neuester Zeit beschriebenen getheilten Muskelzellen im Herzfleische mancher Thiere erinnert werden[1]). —

1) A. Weissmann, Ueber die Musculatur des Herzens beim Menschen und im Thierreiche. Dieses Archiv 1861, S. 41. — Eine

Es ist somit klar, dass zur Laichzeit die Muskelzellen kräftiger und markiger werden. Dass damit auch eine Vermehrung derselben verbunden ist, bezweifle ich, weil jederzeit getheilte Kerne zu den grössten Seltenheiten gehören. Bald nach der Ausscheidung der Eier beginnt eine rasche Rückbildung. Die Zelle wird schmäler und mehr und mehr tritt der Kern als Anschwellung hervor. Anfänglich finden sich auch hier im Zelleninhalt dunkle, scharf contourirte Körnchen (Fig. 3), die wohl wie in den Zellen des Uterus nach der Geburt als Ausdruck einer regressiven Entwicklungsphase aufzufassen sind. Später verschwinden sie und schon nach kurzer Zeit haben die Zellen eine Form angenommen, die von der zuerst beschriebenen nur durch noch etwas grössere Breite sich unterscheidet (Fig. 4), bis sie endlich vollständig in sie übergeht.

Die morphologischen Verhältnisse, wie wir sie so eben beim Frosch kennen gelernt haben, können uns als Paradigma für die übrigen Repräsentanten der Reptilienclasse dienen. Die Verhältnisse sind überall wesentlich dieselben, und nur die Menge der auftretenden contractilen Elemente ist verschieden. Besonders gross ist sie bei *Testudo europaea*, wo die Muskeln ausser zu Gefässscheiden noch zu selbständigen Strängen sich anordnen und schon bei makroskopischer Untersuchung ihre Gegenwart verrathen. Besonders ist solches zur Zeit der höchsten Eientwicklung der Fall. Ueberhaupt gilt allgemein das Gesetz, dass die Entwikelung der Muskeln von derjenigen der Eier abhängt. Je weiter diese gediehen ist, um so mehr gewinnen jene ein frisches, kräftiges Aussehen und einen schönen bläschenförmigen Kern, während sie im entgegengesetzten Falle mehr und mehr verkümmern und selbst zu äusserst schmächtigen, spindelförmigen Gebilden mit kleiner Kernanschwellung sich umwandeln, deren wahre Natur ohne die zahlreichen und allmähligsten Zwischenstufen gar nicht oder nur schwer zu erkennnen wäre. Ueberall finden wir als besonders bemerkenswerth, dass die Spindelzellen bis unmittelbar an den

---

ganz ähnliche Zelle wie die unsrige hat dieser Autor auf Taf. I, Fig. 2b abgebildet.

Umkreis des Eies, bis an die Theca folliculi herantreten. Letzteres wird auch von Rouget[1]) für *Lacerta viridis* angegeben. Nach ihm sollen bei diesem Thiere im Mesovarium die Muskelbündel netzartig sich verbinden. Meine Beobachtungen beziehen sich noch auf eine *Bufo*, auf *Coluber natrix*, *Tritonen* und *Lacerta agilis*. Von den beiden Letzteren besitze ich Messungen. Bei einem *Triton* mit ziemlich weit entwickelten Eiern betrug die Zellenlänge 0,201 (0,125—0,275) Mm., während der Kern 0,028 (0,020—0,035) Mm. lang und 0,009 (0,005—0,010) Mm. breit war. Bei der Eidechse dagegen, die hirsekorngrosse Eier trug, erreichte die Zelle nur 0,160 (0,099—0,248) Mm., der Kern 0,010 Mm. Länge. Bei der Verschiedenheit der untersuchten Thiere dürfte der Schluss nicht ungerechtfertigt erscheinen, dass glatte Muskelfasern in den verschiedenen Abtheilungen des Ovariums Eigenthum sämmtlicher Reptilien sind.

Bei den beiden besprochenen Wirbelthierclassen bilden die musculösen Partieen gleichsam die Grundlage, das Gebälke, durch welches die membranartigen Theile gestützt werden. Anfänglich zu einzelnen grösseren Stämmen vereinigt, werden im weiteren Verlaufe durch Theilung die Ausstrahlung schmächtiger, bis sie endlich vollständig sich verlieren. Verfolgen wir nun die morphologischen Verhältnisse gegen die höheren Classen hin, so sehen wir das Hauptgewicht auf eine allmählige Sonderung des keimführenden Theiles von demjenigen fallen, welcher diesen letzteren mit benachbarten Theilen, besonders der Wirbelsäule, verknüpft. Wir sehen ein Ovarium im engeren Sinne des Wortes von einem Mesovarium sich scheiden. Das Erstere wird zugleich compacter, reicher an festem Stroma. Den Uebergang bilden die Vögel und erst bei den Säugethieren tritt der Unterschied in voller Schärfe hervor. Die wesentlichen Structurverhältnisse bleiben aber dieselben; überall ziehen die Gefässe durch das Mesovarium zum Ovarium, von mehr oder minder mächtigen Zügen glatter Muskelfasern begleitet.

---

1) A. a. O. p. 483.

Bei den Vögeln sind sie bereits von Rouget[1]) erkannt worden. Ich selbst untersuchte sie bei der Taube und beim Huhne und fand in beiden Fällen zahlreiche contractile Elemente, deren Hauptmasse an der Wurzel des Mesovariums lag und die gegen die Eifollikel zu allmählig spärlicher wurden, ohne jedoch in ihnen ganz zu fehlen. Im Allgemeinen waren es schmächtige Spindeln, die zu einem feinfasrigen Stroma, das theilweise unregelmässig zwischen die Gefässe sich einlagerte, zusammentraten.

Schwieriger gestalten sich die Verhältnisse bei den Säugethieren, obgleich wir schon der Analogie wegen berechtigt sind, auch hier dieselbe Bildung zu erwarten. Muskelzellen waren bis vor Kurzem nur für das Mesovarium[2]) bekannt. Aber schon Kölliker[3]) war das eigenthümliche Aussehen des Eierstockstromas aufgefallen und er bemerkt, dass man oft meine, es müssten glatte Muskelfäden darin enthalten sein, dass es aber nicht gelinge, mit Hülfe von Salpetersäure zu einer entscheidenden Ansicht zu gelangen. Meines Wissens ist Rouget[4]) der Einzige, der sie mit Bestimmtheit angiebt, aber nicht näher beschreibt; sie sollten nach ihm mit den Gefässen durch den Hilus eintreten. Trotzdem wird ihr Vorkommen von Ludwig[5]) in Frage gestellt und von Funke[6]) des Bestimmtesten negirt. Die Arbeit des französischen Forschers kam mir erst nach Abschluss meiner Untersuchungen zu Gesicht und es ist deshalb um so mehr zu beachten, dass ich zu denselben Resultaten wie er gelangt bin. Die fächerförmige, vom Hilus gegen die Peripherie ausstrahlende Form des Stroma ist zu bekannt, als dass ich mich bei dessen Beschreibung aufhalten sollte. Wird dasselbe im getrockneten Zustande in dünne

---

1) A. a. O. p. 484.

2) Kölliker, Beiträge zur Kenntniss der glatten Muskeln. Zeitschrift für wissensch. Zoologie, Bd. I, S. 73.

3) Kölliker, Mikroskopische Anatomie, II. 2, S. 432.

4) A. a. O. S. 737 u. 738.

5) Ludwig, Lehrbuch der Physiologie des Menschen, 2. Auflage, 2. Band, S. 442.

6) Funke, Lehrbuch der Physiologie, 3. Auflage, 3. Bd., S. 72.

Schnittchen zerlegt, so erkennt man unter dem Mikroskop nach Wasserzusatz fein längsgestreifte Bündel, die vorzugsweise an die Gefässe sich anschliessen. Essigsäure lässt in ihnen sofort eine grosse Menge feiner stäbchenförmiger Kerne auftreten, die auf den ersten Blick an Muskelkerne erinnern und sich leicht von den rundlichen oder eckigen Kernen des übrigen Stromas unterscheiden lassen. Salpetersäure lässt sie als Gefässscheiden erkennen, die aus feinen Spindelzellen zusammengesetzt sind. Eine vollständige Isolirung derselben ist in den meisten Fällen mit grossen Schwierigkeiten verknüpft, da sie ausserordentlich fest zusammenhängen und eine vollständige Maceration vermieden werden muss, um nicht auch die Muskelzellen der Gefässe selbst frei zu legen; in diesem Falle ist es eben unmöglich, zu entscheiden, was dem Stroma und was dem Gefässe angehört. Doch habe ich beim Menschen, beim Schwein, bei der Kuh und Anderen sie isolirt erhalten. Von grösster Wichtigkeit ist hierbei, dass sie nur in solchen Eierstöcken wohl ausgebildet sind, wo auch die Follikel sich gut entwickelt finden, während sie sonst sehr kümmerlich aussehen. So zeichnete sich besonders der Eierstock eines während der Menstruation gestorbenen Weibes durch ihre schöne Ausbildung aus, während ich sie in demjenigen einer 63 jährigen Frau und in einem zweiten, der aller grösseren Follikel entbehrte, anfänglich vollständig übersah. Isolirt stellen sie ausserordentlich niedliche spindelförmige Zellen dar, von blassem schwach getrübtem Aussehen (Fig. 5). Nach zwei Seiten laufen die oft gewundenen Ausläufer mit glatten Rändern spitz zu. Sie sind sämmtlich ziemlich stark abgeflacht und zeigen ohne Ausnahme in der Mitte einen deutlichen ovalen oder stäbchenförmigen Kern von 0,0124 (0,0080—0,0145) Mm. Länge und 0,0032 Mm. Breite. Die Länge der Zelle variirte zwischen 0,0322 und 0,0806 Mm.; im Mittel betrug sie 0,0508 Mm. Am zahlreichsten fand ich sie in dem mit vielen grossen Follikeln besetzten Eierstocke eines grösseren Säugers, wahrscheinlich eines Schweines. Mit Leichtigkeit liessen sie bis in die Theca folliculi sich verfolgen und ohne Zweifel sind sie das, was an dieser

Stelle von Kölliker[1]) als junge Bindegewebszellen und als spindelförmige Bildungszellen angeführt wird. Ihre Länge betrug 0,0713 (0,0483—0,0967) Mm.; davon kamen auf den 0,0019 Mm. breiten Kernabschnitt 0,0129 Mm. Es darf nicht unbemerkt bleiben, dass sämmtliche Zellen durchaus regelmässig mit ihren Längsachsen einander parallel liegen. Die von ihnen gebildeten Scheiden sind nach aussen nicht so scharf abgegränzt, wie diejenigen der niedrigeren Thiere. Wo die Eibildung nicht eine energische ist, da werden sie so unansehnlich, dass nur die Bekanntschaft mit den ausgebildeteren Formen ihre wahre Natur erkennen lässt. Ebenso scheinen sie in kleinen Ovarien unbedeutender entwickelt, wenigstens erschien es mir so bei der Katze und bei dem Kaninchen, obwohl die Eibildung in vollem Gange war. Ausser den bereits genannten Thieren habe ich noch das Schaaf, den Hund und einen Affen (*Inuus cynomolgus*) untersucht und überall dasselbe Resultat erhalten. Ich glaube mich deshalb zur Annahme berechtigt, dass diese Zellen allen Säugethieren gemeinsam sind.

Schwieriger als die einfache Constatirung ihres Vorhandenseins gestaltet sich die Frage nach ihrem physiologischen Werthe, die Frage, ob wir es mit contractilen Elementen zu thun haben, oder nicht. Die Beantwortung fällt um so schwieriger, als wir beinahe ganz auf indirecte Beweismittel angewiesen sind. Lebhafte Contraction dürfen wir wohl a priori von solchen schmächtigen Dingern nicht erwarten, und galvanische Reizung am frischen Kaninchenovarium hat mir ebensowenig als Pflüger ein bestimmtes Resultat geliefert. Die Form allein aber ist nicht entscheidend, denn an und für sich könnte sie ebensowohl einer Bindegewebs- als einer Muskelzelle angehören. Unter diesen Umständen erscheint mir vor Allem die Thatsache wichtig, dass die genannten Elemente sich durchaus analog den unbezweifelbaren Muskelfasern der übrigen Thierclassen verhalten, wie denn auch bei diesen alle möglichen Uebergänge zu Formen gefunden werden, die mit den in Frage stehenden durchaus übereinstimmen. Dann ist

1) A. a. O. S. 428.

nicht zu übersehen, dass diese ebenso wie jene zur Ovarialthätigkeit in naher Beziehung zu stehen scheinen. Mit Berücksichtigung dieser Verhältnisse stehe ich nicht an, sie für contractil zu halten und den glatten Muskelfasern beizuzählen. Freilich drängt sich uns da unwillkürlich die Frage nach dem gegenseitigen Verhältniss zwischen glatter Muskelfaser und Bindegewebszelle auf, und die Erwägung der Möglichkeit, ob beide durch eine scharfe Gränze getrennt sind oder nicht. Von Tag zu Tage mehren sich die Beispiele, dass Contractilität nicht allein der wahren Muskelsubstanz zukommt; man hat solche selbst an Zellen beobachtet, die noch allgemein der Gruppe der Bindesubstanz beigezählt werden. Bei den glatten Muskelfasern haben wir auch im Ovarium das schon von anders her bekannte Phänomen beobachtet, dass der contractile Inhalt je nach dem physiologischen Bedürfniss sich mehrt oder schwindet und es liegt gewiss kein Grund vor, weshalb unter gegebenen Umständen ein solches Schwinden nicht bis zum vollständigen Verschwinden sich steigern kann. Wir dürfen es beinahe als gewiss betrachten, dass die Hülle an den animalen Erscheinungen der Zelle sich nicht betheiligt. Schwindet daher in der glatten Muskelfaser der Inhalt, so bleibt als Ueberrest eine contractionsunfähige Hülle, die sich von der Bindegewebszelle in keiner Weise unterscheidet und nur contractilen Inhalt wieder aufzunehmen braucht, um jeden Augenblick von Neuem zur wahren Muskelfaser zu werden. Wenn ich daher die geschilderten Spindelzellen in die Reihe der Muskelfasern gestellt habe, so soll damit doch nicht ihre jederzeitige Contractionsfähigkeit ausgesprochen sein, vielmehr halte ich es für möglich, dass letztere zeitweise vielleicht vollständig schwindet. Es würde dies dann geschehen, wenn kein physiologischer Process ihrer thätigen Beihülfe bedarf und wir haben sie auch in der That bei mangelnder Ovarialthätigkeit ausserordentlich klein und verkümmert gefunden. Von dem berührten Gesichtspunkte aus wäre wohl auch die Frage des sogenannten unreifen Bindegewebes in normal ausgebildeten reifen Organen einer erneuten Prüfung nicht unwerth. Zugleich erhielte aber auch der alte, seit Langem verpönte Ausdruck des „contractilen Bindegewebes“

von Neuem Sinn, indem die glatten Muskelfasern an und für sich als solches müssten aufgefasst werden. Sie werden zwar in allen Handbüchern in Verbindung mit der quergestreiften Muskelfaser abgehandelt. Mit der letzteren aber verbindet sie nur das physiologische Moment der Contractilität, und wenn auch bei ihnen Uebergänge zur Querstreifung beschrieben werden, so beweist das vor der Hand nur so viel, dass die contractile Substanz in jeder Form eine Querstreifung annehmen kann. Was aber die wichtigste Beziehung, nämlich die Genese anbetrifft, so schliesst sich das glatte Muskelgewebe unmittelbar an das Bindegewebe an, während es meiner Ansicht nach von der quergestreiften Muskelfaser durch eine weite Kluft getrennt wird. Es ist hier nicht der Ort, auf diesen Punkt näher einzugehen.

Ueberblicken wir schliesslich die geschilderte Musculatur in ihrer Gesammtheit, so finden wir durchgehends die bekannte Erscheinung, dass im Generationsapparate die glatten Muskelzüge in ihrem Verlaufe sich gerne an die Gefässe anschliessen[1]). — Physiologisch ist sie bereits von Rouget[2]) in geistreicher Weise verwerthet worden, und wir können uns deshalb darüber um so eher kurz fassen, als wir seiner Darstellung nichts Neues hinzuzufügen hätten. Die Bedeutung der contractilen Elemente im Ovarium und seinem Gekröse ist eine doppelte; einmal als Mittel zur Ortsveränderung des ganzen Organes und dann als actives Agens bei der Ausstossung der Eier. Peristaltische Bewegungen des ganzen Eierstockes sind bereits von Pflüger[3]) beim Frosche beschrieben worden. Ich selbst habe die Sache sehr oft und zu jeder Jahreszeit beobachtet, und fast an jedem Frosch gelingt es, zu sehen, wie nach der Eröffnung der Bauchhöhle das Ovarium gegen seine Anheftungsstelle an der Wirbelsäule sich zusammenzieht. Am ausgezeichnetsten fand ich die Erscheinung unmittelbar nach der Laichzeit, wo, wie wir gesehen haben, auch die Muskelfasern

---

1) Virchow, Cellularpathologie, 2. Auflage, Berlin 1859, S. 105.

2) A. a. O. p. 738 u. ff.

3) Pflüger, Ueber die Bewegungen der Ovarien. Dieses Archiv 1859, S. 30.

in ihrer Entwickelung am weitesten gediehen sind. Spontane Bewegung habe ich ausserdem noch bei *Testudo europaea* bemerkt. Auch beim Kaninchen war in einem Falle, wo ich darauf achtete, die Contraction der Ovarialbänder theils spontan, theils auf galvanischen oder mechanischen Reiz eine sehr ausgezeichnete. In Beziehung auf die Bedeutung dieser Bewegungen begnügen wir uns, auf Rouget hinzuweisen. Für die Sprengung des Follikels und die Austreibung des Eies sind musculöse Elemente jedenfalls von der höchsten Bedeutung, um so mehr, als sie bis in die Theca folliculi sich erstrecken. Dass durch Vorgänge rein mechanischer Art dieser Process erst vorbereitet werden muss, versteht sich von selbst; für den Act der Ausstossung selbst aber stimmen wir vollständig Rouget bei, dass er viel sicherer im richtigen Momente von einer durch contractile Elemente vermittelten Reflexaction, als vom blossen Zufalle herbeigeführt werde. In Folge der Contraction wird die Wandung des Follikels gespannt und somit zum Platzen prädisponirt. Ist diese Anschauungsweise richtig, so muss ein solches Platzen auch willkürlich vermittelst des Inductionsapparates herbeigeführt werden können. Meine in dieser Absicht an Kaninchen angestellten Versuche haben bis jetzt zu keinem Resultate geführt. Dabei ist jedoch daran zu erinnern, dass nicht allein der Kanincheneierstock wegen seines geringen Gehaltes an Muskelzellen ein schlechtes Object ist, sondern dass auch bei der pygmäenartigen Beschaffenheit dieser letzteren im Säugethierovarium überhaupt nur bei sehr reifen Follikeln mit bereits stark verdünnter Membran ein günstiges Resultat darf erwartet werden. — Basel, im Juni 1861.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Ein arterielles Gefäss aus dem Ovarium des Frosches in seiner Muskelscheide; mit Essigsäure behandelt. Das aus der Tiefe durchschimmernde Gefäss ist an seinen quergestellten Kernen leicht zu erkennen.

Fig. 2—4. Glatte Muskelfasern aus dem Froschovarium: Fig. 2. Im Sommer und Winter. — Fig. 3. Kurz nach der Laichzeit, mit Körnchen, theils von der Fläche, theils von der Kante gesehen, manche gedreht; eine getheilte. — Fig. 4. Etwa 3 Wochen nach der Laichzeit.

Fig. 5. Spindelzellen aus dem Ovarium einer während der Menstruation verstorbenen Frau, einige von der Kante gesehen.

Bemerkungen über die elektrischen Organe der Fische.

Von

Dr. Robert Hartmann in Berlin.

(Hierzu Taf. XVI.)

Wenige Theile der vergleichenden Histologie sind so häufig und so gründlich untersucht worden, als der feinere Bau der elektrischen Organe der Fische. Dennoch sind viele einzelne Punkte dieses interessanten und schwierig zu erforschenden Gegenstandes noch nicht mit hinreichender Sicherheit aufgeklärt. Nachstehende Bemerkungen, welche zum grossen Theile während der Reise des verstorbenen Freiherrn Adalbert von Barnim in Nordostafrika von mir aufgezeichnet wurden, veröffentliche ich weniger in der Absicht, neue Gesichtspunkte für die Erkenntniss jener Apparate aufzustellen, als vielmehr, um die Aufmerksamkeit der Fachgenossen von Neuem auf diesen Gegenstand hinzulenken.

1. *Mormyrus oxyrhynchus.*

Ueber die elektrischen Organe im Schwanze der Mormyriden sind von Erdl u. Gemminger[1]), Kölliker[2]), Markusen[3]), Kupfer und Keferstein[4]), von Munk[5]), sowie von Ecker und Bilharz[6]) Untersuchungen angestellt worden. Während eines mehrwöchentlichen Aufenthaltes zu Cairo im Winter des

---

1) Gelehrte Anzeigen der Kgl. Bayer. Akademie, 23. Bd., S. 405.

2) Bericht von der Königl. zootom. Anstalt zu Würzburg. Zweiter Bericht für das Schuljahr 18⁴⁷/₄₈. Leipzig 1849. Ueber die elektrischen Organe des *Morm. longipinnis* Rüp. S. 9. Taf. I Fig. 1—4.

3) Gazette médic. de Paris, Tome VIII, No. 9, p. 136, und Bulletin de la classe physico-mathématique de l'Académie Imp. d. Sciences de St. Pétersbourg, T. XII, p. 265.

4) Zeitschrift für rationelle Medicin. III. Reihe, 2. Band, S. 344, Taf. VI u. VII.

5) Nachrichten von der G.-A.-Universität und der Königl. Gesellschaft zu Göttingen. Vom J. 1858, No. I.

6) Berichte der Gesellschaft für Beförderung der Naturwissenschaften zu Freiburg in Br., Bd. I, S. 176 u. 472, Taf. XII. A. Ecker: Untersuchungen z. Ichthyologie. Freiburg in Br. 1857. 4, S. 29, Taf. II.

Jahres 1859 gelang es mir zweimal, frische, erst kurz zuvor abgestorbene Exemplare von *Mormyrus oxyrhynchus* Geoffr. zu erwerben. Die an Letzteren gemachten Beobachtungen habe ich, nach meiner Rückkehr nach Berlin, an in Solut. Kali bichrom.[1]) trefflich conservirten Organen derselben Species nochmaliger eingehender Prüfung unterzogen. Auch hatte Herr Reichert die Güte, mir die in der Berliner zootomischen Sammlung befindlichen Weingeistexemplare von *Mormyrus anguilloides* Linn., *M. cyprinoides* Linn., *M. elongatus* Rüpp., *M. dorsalis* Geoffr., *M. disorhynchus* Pet., *M. longirostris* Pet., *M. macrolepidotus* Pet. zur Benutzung zu überlassen.

Die Mormyriden besitzen auf jeder Seite des Schwanzes ein oberes und ein unteres elektrisches Organ. Die intermusculären Bänder der Seitenmuskeln bilden im Schwanzabschnitte des Körpers nach und nach immer stumpfere Winkel, die zwischen ihnen befindlichen Muskelfascikel hören in der Richtung von vorn nach hinten allmählig auf und nehmen statt ihrer die elektrischen Organe ober- und unterhalb der beide Seitenmuskeln trennenden Längsfurche ihre Plätze ein. Diese Organe stellen längliche, walzenförmige Körper mit stumpfspitzigen Enden dar, welche mit ihrer etwas gewölbten Aussenfläche dicht unter der Haut liegen, mit ihrer leicht abgeplatteten Innenfläche dagegen die Körper- und Dornfortsätze der Schwanzwirbel bedecken. Die verjüngten Vorderenden der Organe sind ober- und unterhalb von Muskelbündeln begrenzt; nach hinten allmählig an Dicke zunehmend, füllen dieselben bald den zwischen der seitlichen Längsfurche und dem Rücken einerseits und den zwischen derselben Furche und dem Bauch andererseits befindlichen Raum völlig aus und verdrängen hier die Muskelsubstanz. Die beiden Seitenmuskeln spitzen sich nach hinten zu; die hintersten Bündel liegen dicht zusammengedrängt, werden von den Intermuscularbändern in ganz schräger Richtung durchsetzt und laufen endlich je in eine starke Sehne aus. Diese Sehnen begeben sich, die Randpartieen der elektrischen Organe bedeckend, längs der Seitenfurche an die Körper und Ursprünge der Dornfortsätze der letzten Schwanzwirbel und heften sich an ihnen fest. Die Intermuscularbänder dieser verschmälerten Schwanzportionen der grossen Seitenmuskeln verlängern sich nun über die Ränder der Letzteren hinaus, spannen sich als glatte, sehnige Bänder über die den Muskeln unmittelbar anliegenden elektrischen Organe hinweg und befestigen sich auf Rücken und Bauch an die Spitzen der Dornfortsätze der Schwanzwirbel. Die elektrischen Organe bilden ein System neben einander gelagerter, auf der Längsaxe des Thieres senkrechter Lamellen und werden von den beschriebenen

---

1) Kali bichrom. gr. 10.
Aq. destill. unc. 1.

Verlängerungen der Intermuscularligamente nicht durchsetzt, sondern diese liegen vielmehr äusserlich auf ihnen auf und hängen nur durch sehnige Fortsätze mit der ein jedes elektrische Organ umhüllenden Bindegewebskapsel zusammen.

Die über die elektrischen Organe laufenden Sehnenstreifen verlieren ihre Bedeutung als eigentliche Intermuscularbänder, sobald sie aus den Muskeln herausgetreten sind. Sie stellen vielmehr hier nur superficielle Verbindungsbänder zwischen den sehnigen Enden des Caudaltheiles der Seitenmuskeln und den Dornfortsätzen der Schwanzwirbel dar und mögen bei der seitlichen Krümmung des Schwanzes wirksam sein.

Am hintersten Ende der Wirbelsäule besitzen die Sehnen der Seitenmuskeln aponeurotische Ausbreitungen, von welchen die zu den Strahlen der Schwanzflosse sich begebenden fächerförmigen Muskeln der letzteren entspringen.

Fig. 1 Taf. XVI. macht in einer Flächenansicht die Anordnung der Muskeln, Ligamente und elektrischen Organe des *Mormyrus dorsalis* anschaulich. Bei den übrigen von mir untersuchten *Mormyrus*-Arten fand ich diese Verhältnisse ganz ähnlich.[1])

Fig. 2 und 3 stellen Querdurchschnitte des Schwanzendes von *Morm. macrolepidotus* dar. Man sieht hier die Reduction der Seitenmuskeln auf blosse Sehnen und die Einlagerung der lamellösen elektrischen Organe.

Was den Ursprung und die Verbreitung der die elektrischen Organe versorgenden Nerven anbetrifft, so liessen mich die hierauf untersuchten Weingeistpräparate nicht mehr erkennen, als was Ecker darüber veröffentlicht hat[2]). Einen an der Innenfläche der elektrischen Organe verlaufenden, die einzelnen Lamellen der letzteren mit Aesten versehenden Längsstamm vermochte ich an *Mormyrus dorsalis* ohne grosse Schwierigkeit zu präpariren.

Die elektrischen Organe von *Morm. oxyrhynchus* sind, wie die aller anderen Species, aus zahlreichen, neben einander gelagerten Blättern zusammengesetzt, welche zur Längsaxe des Thieres eine senkrechte Stellung einnehmen. Jedes dieser Blätter besteht aus einer Sehnenhaut und aus einer an der Vorderfläche der letzteren, d. h. nach dem Kopfende des Thieres gelegenen[3]) sogenannten Nervenmembran oder elektrischen Platte. Die Sehnenhaut ist ziemlich derb, aus vielen sich durchkreuzenden Bindegewebsfascikeln gebildet und mit der das ganze Organ umhüllenden Bindegewebskapsel ver-

---

1) Siehe auch Kölliker a. a. O. Taf. I Fig. 1.

2) Untersuchungen zur Ichthyologie, S. 30.

3) Nach Ecker findet sich die Nervenmembran bei *M. dorsalis* und *M. anguilloides* auf der hinteren Fläche der Sehnenhaut. S. Berichte u. s. w. Bd. I, S. 472.

bunden. Diese Sehnenhaut ist hin und wieder in zwei secundäre Blätter getheilt, wie dies auch schon Kölliker an *Morm. longipinnis* beschrieben und abgebildet hat (a. a. O. S. 10, Taf. I, Fig. 2 dd). Die elektrische Platte dagegen hängt mit dem bindegewebigen Theile des Blattes nur lose zusammen und lässt sich ohne Schwierigkeit von demselben abheben. Die Räume zwischen den einzelnen Blättern eines jeden Organes sind mit einer gallertigen Masse erfüllt.

Die Nerven, welche die elektrischen Organe versorgen, geben von hinten her an jedes Blatt einen Zweig ab, welcher, zwischen der Sehnenhaut und der elektrischen Platte verlaufend, sich bald nach seinem Eintritte in das Blatt mehrfach theilt. Die einzelnen Aeste des Nerven lassen sich eine Zeit lang mit blossem Auge verfolgen, dann scheinen sie plötzlich stumpf zu endigen, und muss man, um das weitere Verhalten derselben kennen zu lernen, das Mikroskop zu Hülfe nehmen. Man bemerkt nunmehr, dass diese von einer dünnen Scheide umschlossenen Nervenzweige aus dunkelrandigen Primitivfasern zusammengesetzt sind, welche sich nicht selten einige Male dichotomisch theilen (s. Taf. XVI Fig. 4a'). An der Bifurcation zweier Nervenäste sieht man die Primitivfasesn des Hauptzweiges sich an der Theilungsstelle kreuzen oder man sieht auch wohl die Primitivfasern des einen Astes in den anderen umbiegen und sich alsdann erst theilen. Diese dunkelrandigen Fasern hören plötzlich auf und treten aus ihrer Mitte eigenthümliche Fasern hervor, welche, mit blossen Augen kaum mehr erkennbar, ein ganz verschiedenes mikroskopisches Verhalten zeigen. Dieselben haben ein granulirtes Aussehen und ragen mit einer stumpfspitzigen zapfenartigen Verlängerung in das einen Endast der Spinalnerven constituirende Bündel dunkelrandiger Primitivfasern hinein. Letztere treten nicht alle auf einmal, sondern hinter- und nacheinander an den Zapfen, ihre Markscheide hört an der Verbindungsstelle plötzlich auf und sie legen sich innig an jenen an. Der blasskörnige Inhalt des Zapfens scheint sich hier mit dem der dunkelrandigen Fasern zu vermischen. Aehnlich hat auch Bilharz dies Verhalten bei frischen Exemplaren von *Mormyrus oxyrhynchus* gesehen[1]); von schlingenförmigen Umbiegungen der Primitivfasern, welche Markusen an den Zapfen beobachtet haben will, ist jedoch keine Rede.

Die mit ihren zapfenförmigen Enden in die dunkelrandigen Nerven hineintretenden granulirten Fasern, welche von Kupfer und Keferstein „Terminalröhren“ genannt worden, sind mit einer ziemlich dicken Scheide von scheinbar fibrillärem Bindegewebe umhüllt. Je mehr sich diese Fasern verästeln, je dün-

---

1) S. Bilharz in: A. Ecker's Untersuchungen zur Ichthyologie, S. 35.

ner wird ihre Bindegewebsscheide. Dieselbe verliert allmählig ihr lockiges, fibrilläres Aussehen, wird mehr prall, homogen, obgleich man auch an feineren Aesten hier und da noch eine zarte Längsstreifung an ihr wahrnimmt. Auf Längsansichten der feinsten Zweige erscheint sie noch als doppelter Contour (s. Taf. XVI Fig. 4d). Ausser dieser dicken Scheide besitzen die in Rede stehenden Fasern noch eine sehr zarte, der Substanz derselben innig anliegende, von ihr nicht mehr als besondere Membran lostrennbare Hüll- oder Grenzschicht, in welcher in unregelmässigen Abständen zahlreiche kernartige Körperchen vorkommen. Diese Körperchen sind sphärisch, brechen das Licht nicht sehr stark und sind mit ein oder zwei, selten mit drei Kernkörperchen versehen. Sie treten anfänglich am Zapfen der Fasern nur vereinzelt auf und mehren sich, je weiter diese sich verästeln, so dass sie an den feinsten Zweigen derselben am dichtesten stehen (s. Taf. XVI Fig. 4ff). Sie liegen nur oberflächlich auf den Fasern auf, ragen mehr nach Aussen hervor, als nach Innen in die Substanz der Fasern hinein und überzeugt man sich namentlich bei Umknickungen der letzteren davon, dass die kernartigen Gebilde nicht in ihrem Inneren befindlich sind. Für die oberflächliche Lage dieser Körper sprechen auch die Beobachtungen von Ecker und Bilharz[1]), sowie die von Kupfer und Keferstein[2]).

Was die Theilung der granulirten Fasern anbetrifft, so erfolgt diese zuweilen erst nach längerem Verlauf des in den Zapfen ausgehenden Hauptastes (s. Taf. XVI Fig. 4ccc). In anderen Fällen findet eine zwei-, drei- und vierfache Theilung der Fasern bereits an derjenigen Stelle Statt, an welcher das zapfenförmige Ende noch von den dunkelrandigen Primitivfasern umgeben wird; alsdann begleiten einzelne der letzteren die aus der Theilung hervorgegangenen Aeste oft erst eine Strecke weit, bevor sie an denselben endigen (s. Taf. XVI, Fig. 5, 6 und 7). Da, wo eine Theilung der granulirten Fasern vorkommt, bemerkt man zuweilen eine verbreiterte Stelle derselben, welche beinahe wie ein Ganglienkörper aussieht (s. Taf. XVI, Fig. 4).

Die granulirten Fasern selbst sind anfänglich nicht drehrund, sondern von einer etwas abgeplatteten Form, wie sich dies namentlich an Knickungen derselben wahrnehmen lässt (s. Taf. XVI, Fig. 4c'). Ihre inneren Zweige anastomosiren häufig untereinander, erhalten endlich eine vollkommen cylindrische Gestalt und gehen mit einer leichten Anschwellung in die Platte über. Dieser Uebergang der Fasern in die Platte ist auch von Kupfer und Keferstein, Ecker und Munk deutlich beobachtet worden.

---

1) Untersuchungen zur Ichthyologie, S. 32, 34 u. s. f.
2) A. a. O. S. 35.

Man bemerkt an den Insertionsstellen der Fasern in die Platte kreisförmige Contouren der ersteren. Diese Contouren erscheinen doppelt (s. Taf. XVI, Fig. 4ee), und sind als der optische Ausdruck des scheinbaren Querschnitts der den Endast der Faser umgebenden Bindegewebsscheide zu betrachten.

Die granulirten Fasern sind sowohl an frischen, als auch an erhärteten Präparaten mit parallelen, ziemlich scharfen Contouren versehen und bestehen aus einer körnigen Masse, deren zahlreiche, unregelmässige, äusserst feine Granula ihnen durch ihre in unterbrochenen Querreihen stattfindende Aneinanderlagerung in der Flächenansicht ein zierliches, querstreifiges Aussehen verleihen, welches beinahe an die Querstreifen animaler Muskeln erinnern könnte. Von einer fibrillären Zusammensetzung dieser granulirten Fasern, welche Bilharz an Chromsäurepräparaten (bei *Morm. oxyrhynchus*) beobachtet[1]), habe ich an meinen, in Kali bichromicum erhärteten Organen durchaus nichts wahrgenommen. Die granulirten Fasern der Letzteren zeigen vielmehr beim Zerzupfen vermittelst der Präparirnadel einen scharf begrenzten Querbruch, sowie hin und wieder unregelmässige Längsbrüche, ohne Ausfaserung der Bruchenden. Dasselbe Verhalten beobachtete ich an frischen Präparaten. Ob Aufbewahrung in Chromsäure diese Fasern zum Zerfallen in Fibrillen disponire, vermag ich nicht zu entscheiden, da mir keine auf solche Weise conservirten Präparate zur Verfügung standen.

Die elektrische Platte besteht, ganz wie die sich in sie hineinsenkenden granulirten Fasern, aus einer homogenen, pelluciden Grundsubstanz und vielen, in die letztere eingestreuten, unregelmässig gestalteten Körnchen, welche das Licht ein wenig stärker brechen, als die homogene Grundsubstanz selbst. Während die elektrischen Platten der Zitterrochen und Zitterwelse sich durch ihre grosse Dünnheit auszeichnen, besitzt die Platte bei *Mormyrus* — wenigstens kann ich dies für vorliegende Species behaupten — eine grössere Dicke, als in jenen Fischen. Die in doppeltchromsaurem Kali erhärteten Platten lassen sich ohne Schwierigkeit in verschiedene Schichten zerlegen; bei frischen Präparaten ist dies aber nicht so leicht. Man beobachtet bei Ersteren auf der vorderen Fläche der Platten eine helle, zarte, mit spärlichen Granulis versehene Schicht, welche leicht sehr feine Fältchen schlägt. Dies findet besonders bei den in der Zersetzung begriffenen Organen statt, wo dann die Körnchen der Platten in Molecularbewegung gerathen. Derartige Fältchen der äusseren Plattenschicht haben, wie ich vermuthe, Kupfer und Keferstein zur Annahme einer die vordere freie Fläche der Platten continuirlich bekleidenden, feingestrichelten Substanz geführt[2]). Auf

---

1) Untersuchungen u. s. w., S. 35, Taf. II, Fig. 7b).

2) A. a. O. S. 353, Taf. VII, Fig. 13b.

die genannte Schicht folgt nun eine mit vielen, dichtstehenden Körnchen durchsetzte centrale Schicht. An der hinteren Fläche der Platte, da wo sich die granulirten Fasern inseriren, findet sich ebenfalls eine zarte, mattgranulirte Schicht, welche bei stattfindender Zersetzung gleichfalls Fältchen wirft (s. T. XVI, Fig. 4gI, gII, gIII). Diese ist es, in welcher kernartige Körperchen von ganz ähnlicher Beschaffenheit sich finden, wie dieselben in der Grenzschicht der granulirten Fasern vorkommen. Ob nun die äussere Schicht die Platte nach Art einer sehr zarten Hülle umgebe, wie es allerdings den Anschein hat, und ob man dieselbe als Fortsetzung der auch die Terminaläste der granulirten Fasern begleitenden bindegewebigen Scheide betrachten könne, wage ich nicht mit Bestimmtheit zu entscheiden.

Die mit der Platte innig zusammenhängenden granulirten Fasern treten den vom Rückenmark entspringenden, aus dunkelrandigen Primitivfasern gebildeten Nervenfasern entgegen und gehen mit diesen eine, wie es scheint, sehr innige Verbindung ein. Ecker hat in der That die Ansicht aufgestellt, dass je eine granulirte Faser der Summe der Axencylinder der mit ihr verbundenen Primitivfasern entspreche[1]). Auch Bilharz, welcher sich auf die von ihm an Chromsäurepräparaten beobachtete fibrilläre Beschaffenheit der granulirten Fasern stützt, betrachtet die letzteren als Bündel zusammengebackener Axencylinder, und schien es ihm, als ob die Axencylinder der dunkelrandigen Fasern mit den die granulirten Fasern bildenden Fibrillen in Breite und Aussehen ganz übereinstimmten. Obwohl ich von einer fibrillären Beschaffenheit der granulirten Fasern nichts gesehen habe, so glaube ich dennoch nicht, dass man es hier mit einer blossen Aneinanderlagerung der beiden ein so verschiedenartiges mikroskopisches Verhalten zeigenden Gebilde zu thun habe, indem ich, wie schon bemerkt, eine Vermischung des Inhaltes der granulirten und dunkelrandigen Fasern gesehen zu haben glaube, mich daher für einen directen Uebergang beider Faserarten in einander entscheiden möchte. Betrachten wir nun die granulirte Faser als ein Compositum der Axencylinder der dunkelrandigen Fasern, so erscheint uns die Platte als eine membranöse Ausbreitung der in sie hineintretenden granulirten Fasern.

An der hinteren Fläche der Sehnenhaut, sowie zwischen dieser und der elektrischen Platte, verbreiten sich Capillarnetze. Die einzelnen Capillaren zeigen im frischen Thiere einen constanten Durchmesser ihrer feinsten Zweige und sind mit länglichen Kernen besetzt. Kupfer und Keferstein geben an, dass diese Capillaren wegen ihres ausserordentlich geringen Calibers nur als Vasa serosa betrachtet werden könnten (a. a. O. S. 354). An Fischen, welche in conservirenden Flüssigkeiten aufbewahrt

---

1) S. Berichte u. s. w., Bd. I, S. 477.

werden, schrumpfen die in den Capillaren enthaltenen Blutkörperchen stark ein, die an sich sehr feinen Haargefässe collabiren und verringert sich ihr Durchmesser dadurch noch bedeutend. Indessen habe ich bei den von mir angefertigten erhärteten Präparaten immer noch verschrumpfte Blutkörperchen selbst in solchen collabirten Capillaren gesehen, am deutlichsten dann, wenn ich die Präparate durch verdünntes Glycerin aufhellte. Ich fühle mich dadurch veranlasst, alle diese Gefässe als blutführende Capillaren und nicht als Vasa serosa anzusehen. Die Existenz der letzteren ist bekanntlich überhaupt sehr problematisch.

Hinsichtlich des feineren Baues der elektrischen Organe anderer *Mormyrus*-Arten muss ich auf die Arbeiten von Ecker verweisen, da die im Eingange dieses Aufsatzes erwähnten Weingeistexemplare zu einer mikroskopischen Untersuchung nicht mehr geeignet erschienen. Spirituspräparate sind überhaupt zu derartigen Forschungen nicht recht tauglich und sollte man dieselben höchstens zur Controle der im frischen Zustande beobachteten und in anderen Flüssigkeiten conservirten Präparate benutzen.

Bekanntlich hat man bis jetzt an den beschriebenen Organen der Mormyriden keine elektromotorischen Erscheinungen wahrnehmen können und sind diese Apparate daher, ebenso wie ähnliche Organe von *Gymnarchus* und *Raja*, mit dem Namen: „pseudoelektrische Organe“, im Gegensatz zu den wirklich elektrischen von *Gymnotus*, *Malapterurus* und *Torpedo*, bezeichnet worden. Prof. Th. Bilharz in Cairo, sowie der Generalarzt des Ostsudan, Dr. Peney, und der österreichische Consul Dr. Natterer zu Chartum haben niemals elektromotorische Erscheinungen an lebenden Mormyren bemerken können. Eingeborne Fischer gaben mir auf mein Befragen zur Antwort, dass der Qišweh (*Morm. dorsalis* Geoffr.) nicht so wirke, wie der „Ra'ad“ (Donner, d. i. *Malapterurus electricus*).

2. *Torpedo marmorata.*

Das elektrische Organ der Zitterrochen wurde von mir im Herbst des Jahres 1859 in Venedig an einem wenige Stunden vorher in der Nähe von Chioggia gefangenen Exemplare untersucht. Einige Tage später erhielt ich in Triest einen zwei Stunden zuvor gefischten, soeben erst abgestorbenen *Torpedo*, dessen Organe sofort mit Liquor sanguinis (desselben Thieres) unter das Mikroskop gebracht wurden. Zur Nachuntersuchung dienten mir zwei grosse Zitterrochen, welche mein verehrter Freund Dr. Baur in Weingeist aus Triest nach Berlin zu senden die Güte hatte, und welche, obwohl schon mehrere Tage alt, dennoch sehr gut erhalten waren; auch stand mir

zu diesem Behufe eine Reihe von in Chromsäure[1]) und Sublimat[2]) erhärteten Präparaten zur Verfügung.

Die elektrischen Organe des Zitterrochen sind aus einer Menge nebeneinander befindlicher, zur Längs- und Queraxe des Thieres senkrecht gelagerter, prismatischer Körper, den „Säulen“ oder „Prismen“ der Autoren, zusammengesetzt. Die einzelnen Prismen sind durch ein Fachwerk von scheinbar fibrillärem Bindegewebe, einer Fortsetzung der Tela conjunctiva subcutanea der Rücken- und Bauchhaut, von einander getrennt. Jedes der Prismen zerfällt in eine grosse Anzahl übereinander geschichteter, sehr feiner Lamellen, welche sich an gut erhärteten Präparaten leicht isoliren lassen. Je zwei solcher Lamellen schliessen einen engen Raum ein (das Fach, die Alveole Kölliker's), dessen Seitenwände von dem zwischen den Prismen befindlichen Bindegewebe gebildet werden und welcher mit einer gallertartigen Masse erfüllt ist. In letzterer Substanz verlaufen Nerven und Capillaren. Die Gefässwände sind mit rundlichen Kernen versehen.

Die Nerven, von welchen die Prismen versorgt werden, verbreiten sich in ziemlich dicken Strängen in dem lockeren Bindegewebe des (die Prismen trennenden) Fachwerkes. Nach Rud. Wagner gehen aus diesen Nervensträngen ziemlich breite, mit dicker Scheide versehene Primitivfasern hervor und theilen sich an der Aussenseite der Prismen kronen- oder doldenförmig in zahlreiche kleine Aeste, welche von oben und unten her in die Platten eintreten[3]). Ich habe beobachtet, dass die verschiedenen, einen Nervenstrang zusammen setzenden Primitivfasern einzeln oder auch wohl zu zweien und mehreren von der Peripherie her zwischen je zwei Platten eines Prisma hineintreten und sich hier entweder auf einmal, doldenförmig, wie es R. Wagner abbildet[3]), oder allmählich, hirschgeweihartig, verästeln. So regelmässige doldenförmige Verzweigungen breiter Primitivfasern, wie R. Wagner dieselben in seiner in Göttingen erschienenen Arbeit Fig. I, II B und X darstellt, habe ich allerdings nicht wahrnehmen können. Man sieht öfters mehrere Primitivfasern von gleicher Breite zwischen je zwei Platten hineingehen. Dann laufen zuweilen zwei, selten einmal drei dieser Primitivfasern in einer Alveole dicht neben einander her, biegen sich dann auseinander und treten, eine jede für sich, an die zugehörige Platte (s. Taf. XVI, Fig. 8 d).

---

1) Acid. chrom. gr. ½—1. Aq destill. unc. 1.

2) Hydr. bichl. cor. gr. 1—2. Aq. destill. unc. 1.

3) Ueber den feineren Bau des elektrischen Organes des Zitterwelses. Göttingen 1847 (Abhandlungen der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, Bd. III), S. 16. 17, Fig. Ic, IIBc, IIIBc, VIIIc, Xe. Ferner: Neue Untersuchungen über den Bau nnd die Endigung der Nerven etc. Leipzig 1847. Fig. III.

Die zwischen den Prismen verlaufenden Nervenstränge besitzen eine dicke, anscheinend fibrilläre, mit Kernen besetzte Scheide. Wagner scheint mir übrigens die Scheiden der Primitivfasern und ihrer Aeste etwas zu dick abgebildet zu haben[1]). Auch muss ich Pacini[2]), Remak[3]), Kölliker[4]) und Schultze[5]) vollkommen Recht geben, wenn sie die Nerven nur von der Bauchseite her an die Platten hinantreten sehen. Die Aeste der einzelnen Primitivfasern theilen sich auf dieser Seite der Platten meist dichotomisch; seltener gehen dieselben an einer Stelle zugleich in drei Aestchen auseinander. Diese feinsten Zweige behalten ihre Primitivscheide, welche mit länglichen (an der Innenseite der Scheide befindlichen) Kernen versehen ist, sowie ihre Markscheide eine Zeit lang bei. Die Endästchen besitzen parallele Contouren und haben in ihrem Verlaufe weder varixartige Auftreibungen, noch sind mit ihnen zellenartige Körper verbunden. Allmählich scheinen nun die Primitivfasern, feiner und feiner werdend, ihr Mark zu verlieren, auch lässt sich die Primitivscheide an den zartesten Verzweigungen derselben nicht mehr mit Sicherheit nachweisen (s. Taf. XVI, Fig. 8d'd'). Es macht ganz den Eindruck, als habe man es hier mit reinen Axencylindern zu thun. Da, wo zwei terminale Nervenfasern sich dichotomisch theilen, erscheint die Nervensubstanz an der Theilungsstelle etwas verbreitert (s. Fig. 8d'd'). Was nun den endlichen Uebergang der feinsten Nervenäste in die elektrische Platte selbst anbetrifft, so gehört die Sicherstellung desselben zu den allerschwierigsten Fragen, welche die mikroskopische Anatomie zu entscheiden hat. R. Wagner lässt die feinsten Ramificationen der Nerven frei und offen in der Platte endigen und fügt hinzu, dass dieselben sich bei einem Durchmesser von $^1/_{800}$ bis $^1/_{1000}'''$ der weiteren Beobachtung entzögen. Sie bildeten kein Netzwerk, communicirten weder unter sich, noch mit den benachbarten Endzweigen und bleibe immer noch Raum genug frei, wo man blass feinkörniges Parenchym ohne Nervenverästelungen wahrnehme[6]). Nach Remak entsteht das körnige Aussehen der Platte durch knieförmige Umbiegungen der Endfäserchen der von unten her in dieselbe eintretenden, fein-

1) Ueber den feineren Bau u. s. w. Göttingen 1847. Fig. III B bb. Ferner indessen: Neue Untersuchungen über den Bau und die Endigung der Nerven etc. Leipzig 1847. Fig. III.

2) Sulla struttura intima dell' organo elettrico del Gimnoto e di altri pesci elettrici, Firenze 1852. p. 8.

3) Müller's Archiv. 1856. S. 469.

4) Verhandlungen der physik.-medicinischen Gesellschaft in Würzburg. 8. Bd, S. 8.

5) Zur Kenntniss der elektrischen Organe der Fische. II. *Torpedo.* Separatabdruck aus dem 5. Bande der Abhandlungen d. naturforschenden Gesellschaft in Halle. 1859. S. 11.

6) Ueber den feineren Bau u. s. w., S. 21.

sten Nervenäste, welche in senkrechter Richtung immer einer die glatte, obere Seite der Platte bildenden, glashellen Membran zustreben (a. a. O. S. 470).

Hierauf trat Kölliker mit der Ansicht hervor, dass die feinsten Nervenfäserchen unter fortgesetzten dichotomischen Verzweigungen ein die elektrische Platte constituirendes Netzwerk bildeten. Der scheinbare Durchschnitt der Platte sei deshalb von körnigem Ansehen, weil derselbe die Durchschnitte der Fäserchen des Netzes und dazwischen die nicht weiteren Lücken derselben zeigen müsse (a. a. O. S. 8—10, T. I, Fig. 1). Diese Ansicht Kölliker's ist neuerlich durch M. Schultze vertreten worden. „Das dichte Netz anastomosirender Nervenfädchen", so behauptet dieser letztere Forscher, „welches in ununterbrochener Schicht die Bauchseite der homogenen (oder, was dasselbe ist, der elektrischen) Platte bedecke und mit dieser innig verbunden sei, lasse sich wegen seiner leichten Zerstörbarkeit nur an frischen Präparaten zur Anschauung bringen und in keiner der gebräuchlicheren conservirenden Flüssigkeiten in voller Integrität aufbewahren" (a. a. O. S. 13, 14. Taf. I, Fig. 3 u. 5.

Ich habe nun die isolirte elektrische Platte frischer Präparate bei einer vortrefflichen Vergrösserung von etwa $\frac{500}{1}$ sorgfältig untersucht und mich von der Existenz eines solchen Netzwerkes nicht überzeugen können. Die Platte besteht nach meinem Dafürhalten im Wesentlichen aus einer pelluciden Grundsubstanz und sehr zahlreichen, in dieselbe eingebetteten, unregelmässig gestalteten Körnchen von stärkerem Lichtbrechungsvermögen als die Grundsubstanz selbst (Pacini's: finissime granulazioni)[1]). Letztere sind im frischen Zustande in gewissen Längs- und Querzügen so nebeneinander gelagert, dass die blassen, von der Grundsubstanz der Platten gebildeten Zwischenräume der Körnchen zur Annahme eines sehr zarten Netzwerkes Veranlassung geben können. Ich gestehe, dass es verführerisch erscheint, eine solche Anschauung der Sache zu gewinnen; dennoch aber glaube ich, dass man sich bei einer wiederholten, durch kein Vorurtheil irgend einer Art beherrschten Untersuchung der frischen Organe davon überzeugen werde, dass von einer netzförmigen Ausbreitung der an die Platte hinantretenden Nervenendäste Nichts mit Bestimmtheit gesagt werden könne. Ich habe, wie Wagner, die **feinsten Nervenprimitivfasern** nach ihrer Verästelung an der Platte aus den Augen verloren, die Endigung derselben jedoch nicht in der von Kölliker und Schultze beschriebenen Weise verfolgen können.

Auch bei *Mormyrus* und *Malapterurus* erscheinen die Körnchen der Platte im frischen Zustande ebenfalls so gelagert,

1) Aehnliche Granulationen finden sich in den elektrischen Platten von *Mormyrus* und *Malapterurus*.

dass man aus den zwischen ihnen befindlichen Partieen der homogenen Grundsubstanz willkürlich ein Netzwerk construiren kann. Zu ähnlichen Ansichten hat sich übrigens auch schon H. Munk bekannt; nach seiner Darstellung sind die „Nervennetze in der elektrischen Platte von Torpedo nichts Anderes, als die hellen, homogenen, schwach brechenden Streifen in der Grundsubstanz der Platte selbst, welche durch die regelmässige Anordnung der in dieselbe eingelagerten Kügelchen bedingt sind; die Lücken oder Maschen der Autoren sind die stark brechenden Kügelchen.“[1])

Bei nicht ganz frischen Exemplaren von *Torpedo* fahren die Granula der Platte auseinander, häufen sich in zerstreut liegenden Gruppen an, daher geht hier die beschriebene, mehr regelmässige Aneinanderlagerung der Körnchen, welche zur Annahme von Nervennetzen Veranlassung gegeben hat, mehr und mehr verloren.

Immerhin wird man jedoch selbst an bereits in der Zersetzung begriffenen, elektrischen Organen noch einzelne Regionen der Platten antreffen, in denen sich jene vorhin beschriebene Configuration erkennen lässt, in deren Deutung ich eben von Kölliker und Schultze abweiche. Selbst an den schon mehrere Tage alten, von Dr. Baur aus Triest eingesandten Fischen vermochte ich mit Hülfe der Hartnack'schen Wasserlinse (Vergröss. cca. 1000) an solchen in ihrer Integrität erhaltenen Stellen der Platte nur eine Bestätigung meiner hier dargelegten Ansicht zu finden. Bei eintretender Zersetzung gerathen die Körnchen der Platte in Molecularbewegung. Munk hat übrigens meiner Meinung nach Recht, wenn er in der sehr dünnen elektrischen Platte von *Torpedo* nur eine einzige Schicht von Körnchen annimmt (a. a. O. S. 7).

Kölliker und Schultze bilden die feinen Endäste der Nerven ganz so ab, als wenn die Seitencontouren derselben während ihres Verlaufes in der Platte sich in zahlreiche feine, die Bestandtheile des von ihnen angenommenen Netzwerkes bildende Aestchen auflösten[2]). Dergleichen Seitenausläufer der Primitivfasern habe ich nicht sehen können. Die feinsten Aeste der letzteren schienen mir vielmehr bis an ihr vermuthliches Aufhören in der Platte sowohl an frischen, als auch an erhärteten Präparaten ziemlich glatte Seitencontouren zu besitzen. Wurden solche Endverästelungen der Nerven isolirt, so bemerkte man an denselben keine faserigen seitlichen Anhänge als Theil-

---

1) Zur Anatomie und Physiologie der quergestreiften Muskelfaser der Wirbelthiere, mit Anschluss von Beobachtungen über die elektrischen Organe der Fische, von H. Munk. Nachrichten von der G. A. Universität und der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, Nr. 1, 1858, S. 10.

2) S. Kölliker a. a. O. Taf. I, Fig. 1, und Schultze Taf. I, Fig. 3 und 5.

chen eines mit diesen Nerven verbundenen Netzwerkes, sondern diese Aestchen boten nur hier und da geringe, kaum merkliche Sinuositäten, als Folge einer leichten Schlängelung, dar, wie dies ja überhaupt bei sehr feinen, aus ihrer Contiguität gerissenen Fasern leicht geschieht.

Nach Kölliker sind die Prismen von einer zarten Bindegewebshaut umkleidet, welche letztere von Stelle zu Stelle innere bindegewebige Scheidewände erzeugt (a. a. O. S. 7). Max Schultze betrachtet die in den Alveolen befindliche Substanz als gallertiges, von den fibrillären Bindegewebshüllen der Prismen abgehendes, die letzteren in Form von Querscheidewänden durchsetzendes Bindegewebe (a. a. O. S. 7. 8). Nach meinen Erfahrungen sind die elektrischen Platten mit dem Bindegewebe der Prismenhüllen nicht vereinigt, sondern nur an dieselben angelagert, ohne dass ein Uebergang der Plattensubstanz in das Bindegewebe stattfindet. An erhärteten Präparaten lassen sich die Platten ohne grosse Schwierigkeit aus den Prismen herauslösen; man sieht alsdann, dass nur die Nerven und Gefässe den Zusammenhang der Platten mit dem Bindegewebe der Säulen herstellen. Die Gallertmasse der Alveolen scheint mir, wie ich später erörtern werde, eine andere Bedeutung, als die ihr von Schultze zuertheilte, zu haben.

In den Platten beobachtet man zahlreiche sphärische oder eiförmige, kernartige Gebilde mit je ein und zwei, seltener mit mehr als zwei Kernkörperchen. Sie liegen in ziemlich regelmässigen Abständen von einander, variiren nur wenig in ihrer Grösse, sind an frischen Präparaten blass und scheinen von einer in feine Spalten ausgezogenen Höhle umgeben zu sein, so dass dieselben an Spindel- und selbst an Sternzellen erinnern können. An erhärteten Organen bemerkt man dagegen einen hellen Hof um dieselben. Diesen Hof haben auch Remak, Kölliker und Schultze wahrgenommen. An den von Dr. Baur übersandten Exemplaren konnte man die beschriebenen kernartigen Körper und die sie umgebenden, engen, länglichen Höhlen recht gut erkennen. Ich behandelte nun Stücke der elektrischen Organe dieser selben Fische mit Sublimat- und Chromsäurelösung und sah während mehrmaliger, innerhalb eines Zeitraumes von 14 Tagen wiederholter Beobachtung die länglichen Fortsetzungen der Höhle sich ausgleichen und die vorhin erwähnten Höfe allmählig entstehen, während die kernartigen Körper selbst dunkler granulirt hervortraten. Anfänglich erschien die Demarcation des Hofes noch länglich, an zwei Enden etwas zugespitzt (kürbiskernartig), an älteren Präparaten näherte sich dieselbe jedoch mehr und mehr einer Kreislinie. In letzterer Weise erscheint der Hof an Präparaten, welche schon viele Monate lang in Chromsäure aufbewahrt worden sind. Zuweilen habe ich an erhärteten Organen Stellen in der Platte angetroffen, an welchen der kernartige Körper allem Anschein nach aus der Platte herausgefallen ist.

Man sieht nämlich in solchen Fällen eine helle, kreisförmig begrenzte Figur in der Platte, welche eine angeschnittene oder aufgeplatzte Höhle darzustellen scheint, aus welcher der Kern zufällig herausgetreten ist. Ich glaube den um das kernartige Gebilde befindlichen Hof als Ausdruck einer Höhle betrachten zu dürfen, in welcher je ein Kern eingebettet liegt und deren durch Imbibition hervorgerufene allmählige Erweiterung sich mit Genauigkeit verfolgen lässt. Die Wände der Höhle umgeben die kernartigen Gebilde im frischen Zustande ziemlich genau und weichen, in Folge der Imbibition von Flüssigkeit, aus den zur Erhärtung angewendeten Lösungen, auseinander; die Grundsubstanz der Platte wird dadurch in nächster Umgebung der Höhlen etwas zusammen gedrückt, so dass Carmindinte einen dunkleren Ring um dieselben Höhlen bildet. Ich wage nicht zu entscheiden, ob durch die genannten Körperchen Zellen repräsentirt werden. Zwar glaube ich hier und da einen zweiten Contour innerhalb der Demarcationslinie der hellen Höfe bemerkt zu haben und ist es möglich, dass dieser innerste Contour der optische Ausdruck einer die Höhle auskleidenden Zellenmembran sei, indess war das Bild nicht deutlich genug, um eine sichere Erklärung desselben zu gestatten.

Betrachtet man frische Präparate der Platten auf scheinbaren Querschnitten[1]), so sieht man die kernartigen, nur wenig über die Plattensubstanz hervorragenden Körper in ihrer länglichen, engen Höhle liegen; verfertigt man sich dagegen scheinbare und wirkliche Querschnitte von erhärteten Präparaten, so beobachtet man Auftreibungen der Plattensubstanz durch die eingelagerten, nunmehr erweiterten Höhlen (s. T. XVI, F. 9h).

Kölliker unterscheidet an der elektrischen Platte eine homogene Bindegewebshaut und eine an der Unterseite der letzteren befindliche, mit ihr verklebte Nervenhaut. Die eben beschriebenen Körperchen liegen nach der Ansicht dieses Forschers in der Bindegewebshaut, an welcher sie bei Faltung der Platten leichte Verdickungen erzeugen. Da die „Kerne“ ferner nicht in einer Ebene mit den feinsten Nervenausbreitungen befindlich sind, so können dieselben auch nicht in der Nervenhaut liegen (a. a. O. S. 6). Ausser der homogenen, die Oberfläche der elektrischen Platte bildenden Bindegewebshaut existirt noch eine die Nervenäste vereinigende Bindesubstanz, welche letztere bei gänzlicher Zerstörung der Nervenenden noch als zarte, die feinsten Nervenbäumchen tragende Haut zurückbleibt. Schultze nimmt in der Platte eine homogene Membran an, welche eine weichere, ventrale, und eine härtere, dorsale Schicht, letztere an der dem Nervennetze abgekehrten freien Oberfläche liegend, zu besitzen scheine. Diese homogene

1) Wirkliche Querschnitte lassen sich an frischen Präparaten nur sehr schwierig darstellen. Leichter ist dies an gut erhärteten Präparaten.

Membran stehe mit den an ihrer Unterseite befindlichen Nerveninsertionen in innigem Zusammenhange, lasse sich nicht von ihnen trennen und nur nach tagelanger Maceration und gänzlicher Zerstörung der sich ansetzenden Nerven isolirt erhalten. Gegen die bindegewebige Beschaffenheit dieser Membran spreche deren Verhalten zu Reagentien. Sie sei vielmehr eiweissartiger Natur und repräsentire die elektrische Platte nebst deren feinsten Nervenverästelungen. In ihr lägen die kernartigen Gebilde, letztere erzeugten in der homogenen Membran an Falten frischer oder an Querschnitten erhärteter Präparate nach beiden Flächen der Platte, besonders aber nach der freien, dem Nervennetze nicht verbundenen, eine kleine, hügelförmige Hervorragung (a. a. O. S. 15. 16). Ich selbst vermag mich gleichfalls nicht für das Vorhandensein einer homogenen Bindegewebshaut in Kölliker's Sinne zu entscheiden. Die elektrische Platte erhält bei beginnender Zersetzung an ihrer Oberfläche Falten, so dass es den Anschein gewinnt, als fände sich in der Platte eine derbere Grenzschicht und eine weichere, die Körnchen enthaltende Centralschicht. Am deutlichsten schien mir das Faltenwerfen auf der glatten Oberseite der Platten stattzufinden, es machte nicht den Eindruck, als gingen diese Falten durch die ganze Dicke der Platten hindurch, sondern als seien dieselben nur oberflächlich, einer äusseren Partie der Platte angehörend. Auf der unteren Seite der Platte, an welcher sich die Nerven inseriren, war die Faltung weniger in die Augen fallend, wenn auch immer noch sichtbar. Durch die scheinbaren und wirklichen Querschnitte dieser Falten an der Unterseite der Platte werden höchst wahrscheinlich derartige Bilder vom Uebergange des Nervennetzes in die Bauchseite der Platte erzeugt, wie Schultze ein solches auf Taf. I, F. 5 abbildet. Auch finden hierdurch die aufsteigenden Fasern Remak's vielleicht ihre naturgemässe Erklärung.

Die erwähnten kernartigen Körper mit ihrer Höhle denke ich mir in der Platte selbst und zwar in der Centralschicht derselben liegen. Ich habe schon erwähnt, dass man bei Falten und Querschnitten Auftreibungen sieht, welche an den Plattenoberflächen durch jene Körper hervorgerufen werden. Ich bemerke derartige Auftreibungen bei frischen Präparaten an der dorsalen und ventralen Oberfläche der Platte mit gleicher Häufigkeit. Bei erhärteten Präparaten scheinen die Auftreibungen auf der oberen Fläche der Platten häufig etwas stärker als auf der unteren zu sein; dies mag daher rühren, dass die an letzterer anliegenden Nerveninsertionen der ventralen Seite der Platten etwas mehr Resistenz gegen das Aufquellen der Höhlen der Kerne verleihen.

Remak[1]), Kölliker und Schultze[2]) erwähnen spindelförmiger Bindegewebskörperchen (Saftzellen) mit langen Aus-

1) A. a. O. S. 471. 2) S. 12.

läufern im Gallertgewebe der zwischen den elektrischen Platten befindlichen Alveolen. Nach Kölliker liegen derartige Saftzellen vorzüglich, wo nicht ausschliesslich, längs der nahezu feinsten, noch nicht anastamosirenden Nervenästchen in der Nähe der Septa. Schultze giebt an, dass diese Zellen in dem gallertigen Bindegewebe der Alveolen mit ihren Ausläufern sich über grössere Flächen verbreiten, sich mit Nervenfasern kreuzen oder ihnen anliegen und wie in anastomotischer Verbindung mit ihnen zu stehen scheinen. Bei Wasserzusatz verlieren diese Zellen leicht ihre Sternform und werden rundlich. Ich habe weder an frischen noch an erhärteten Präparaten dergleichen Saftzellen zu sehen bekommen. Einmal mögen die vorhin beschriebenen, kernartigen, in der elektrischen Platte gelegenen Gebilde, deren Höhle im frischen Zustande länglich, in Fortsätze ausgezogen und sogar sternförmig erscheint, zur Annahme solcher Zellen geführt haben; anderentheils sieht man in Folge der Präparation leicht feine Nervenästchen von der Platte abreissen; wenn nun solche zufällig losgetrennten Nervenfädchen noch mit Kernen versehen sind, so kann man sich veranlasst fühlen, in diesen Kernen die Nuclei und in den an denselben haftenden Nervenrestchen die Sternfortsätze von Zellen zu sehen. Die vermeintlichen Sternzellen sitzen dann lose auf der Platte auf, lassen sich auf derselben verschieben und kreuzen sich in der That leicht mit noch festsitzenden Nervenfasern.

Die obenerwähnte Gallertsubstanz (oder, wie ich mich lieber ausdrücken möchte, die zäh-flüssige Substanz) in den Alveolen, halte ich für eine indifferente Ausfüllungsmasse, wie eine ähnliche auch in den elektrischen Organen von *Mormyrus*, *Malapterurus* und *Gymnotus* vorkommt. Wenn man mit dem Messer in die elektrischen Organe eines frischen *Torpedo* hineinschneidet, so sieht man an der Klinge kleine Partieen einer dicklichen Flüssigkeit, etwa von der Consistenz rohen Hühnereiweisses, anhaften. Ueber die chemische Natur dieser Masse habe ich mir keine hinlängliche Klarheit verschaffen können.

3. *Malapterurus electricus.*

Unsere Kenntnisse des elektrischen Organes dieses Fisches sind in neuerer Zeit vorzüglich durch die Untersuchungen von Th. Bilharz[1]) und M. Schultze[2]) gefördert worden. Ich selbst gelangte im Februar 1860 in der Nähe der Insel Philae bei Assuan in Besitz eines Stückes von einem gegen zwei rheinländische Fuss langen *Malapterurus electricus*, welcher

---

1) Th. Bilharz: Das elektrische Organ des Zitterwelses, anatomisch beschrieben u. s. w. Leipzig 1857.

2) M. Schultze: Zur Kenntniss der elektrischen Organe der Fische; 1. Abth. *Malapterurus. Gymnotus.* Abhandlungen der naturforsch. Gesellschaft zu Halle. 4. Bd. u. Separatabdruck. Halle 1858.

leider von der arabischen Mannschaft unserer Barke bereits zerschnitten und in den Kochtopf gethan worden war. Dies Präparat wurde von mir an Ort und Stelle sofort untersucht. Zu späteren Beobachtungen haben mir in Chromsäure trefflich conservirte Fragmente des elektrischen Organes gedient.

Ueber die gröbere Anatomie dieser Theile vermag ich nichts Neues zu berichten, da es mir an vollständigen, zur Zergliederung geeigneten Exemplaren des Zitterwelses gefehlt hat, und muss ich in dieser Hinsicht auf die Arbeiten von Bilharz verweisen.

Das in Rede stehende Organ umhüllt den Fisch der Länge nach, ist mit der äusseren Haut innig verbunden und durch eine dorsale und ventrale Längsscheidewand in zwei symmetrische Seitenhälften getheilt. Zahlreiche, auf der Axe des Thieres senkrechte, sehnige Lamellen durchsetzen das Organ, sind häufig mit benachbarten Blättern verwachsen und bilden ein bindegewebiges Fachwerk, in dessen „doppelpyramiden- oder linsenförmigen“ Alveolen die an der Vorderfläche der Wände der letzteren befindlichen häutigen Ausbreitungen der elektrischen Nerven, die elektrischen Platten, sich finden. Für diese Platten giebt das eben beschriebene Fachwerk eine Stütze ab. Die Zwischenräume zwischen Sehnen- und Nervenmembran sind mit einer zähen, wahrscheinlich eiweisshaltigen Flüssigkeit angefüllt. Insoweit vermag ich Bilharz Angaben zu bestätigen. Nach der Beschreibung dieses Forschers entspringt nun auf jeder Körperseite des Fisches aus einem in der Nähe des ersten Intervertebralloches gelegenen, multipolaren Ganglienkörper eine einzelne, sehr dicke Primitivfaser, welche sich fort und fort in Aeste theilt, die ihrerseits mit den elektrischen Platten in Verbindung treten. Diese mit dunkelrandigen, markhaltigen Primitivfasern übereinstimmenden Nervenäste sind mit einer dicken Bindegewebsscheide versehen, deren äusserste Schicht von zahlreichen Blutgefässen durchzogen und mit circulär oder spiralig laufenden Bindegewebsfasern umsponnen ist. Die innerste Schichte der Scheide zeigt bei Essigsäurezusatz kleine, längliche Kerne. Schultze, welcher sich der hier mitgetheilten Ansicht von Bilharz über Ursprung und Verzweigung der das elektrische Organ versorgenden Nerven anschliesst, beschreibt die Bindegewebsscheiden der letzteren als aus mehreren in einander geschobenen bindegewebigen Scheidencylindern gebildet, ähnlich wie die geschichteten Hüllen der Pacini'schen Körperchen. An den inneren Scheidenschichten zeigten sich bei Zusatz von Reagentien Fasern, Anlagen von Ringfasern, welche die Neigung hätten, sich zu verästeln, Anastomosen zu bilden, selbst zu breiteren Platten und gefensterten Membranen zu verschmelzen und grosse Aehnlichkeit mit elastischen Fasern besässen, wenn sie sich auch von echtem elastischem Gewebe durch ihre Vergänglichkeit und eben erst eingeleitete Differenzirung unterschieden. Die-

selben seien nur an Präparaten zu finden, welche eine Zeit lang in Sublimatlösung gelegen hätten.[1]) An frischen Präparaten kämen bei Zusatz von Essigsäure kleine stäbchenförmige Kerne zum Vorschein, welche an der inneren Oberfläche der die Scheide zusammensetzenden, dünnwandigen Röhren befindlich seien und in die homogene, wasserklare Substanz hineinragten, welche die Zwischenräume zwischen je zwei Röhren ausfüllte (a. a. O. S. 303. 304).

Von umspinnenden Fasern habe ich nun an den dicken, scheinbar fibrillären Bindegewebsscheiden der elektrischen Nerven Nichts bemerken können, ich vermochte nur jene an Bindegewebsfascikeln im Allgemeinen häufigen, optischen Truggebilde zu erkennen, welche durch Querfaltungen und Zerklüftungen der die bindegewebigen Scheidenbündel an ihren Grenzen umgebenden, glashellen Schichten erzeugt und gegenwärtig noch immer von mancher Seite her als umspinnende Fasern gedeutet werden, entgegen den darüber aufgestellten Ansichten von Luschka, Reichert, Reissner, Leydig, Baur und Lieberkühn.[2]) Sehr schön zeigten sich diese Verhältnisse an frischen Präparaten, erschienen jedoch auch an in Chromsäure aufbewahrten, mit demselben Reagens behandelten Organen deutlich genug. Kerne habe ich, in der von Schultze angegebenen Weise an frischen Nerven (bei Essigsäurezusatz) auftreten sehen. Die Nervenscheide, welche hier, wie bei *Mormyrus*, in der That den Eindruck macht, als sei dieselbe aus in einander geschachtelten Lamellen zusammengesetzt, scheint, allmählig dünner werdend, mit dem sehnigen Gewebe des Fachwerkes in Zusammenhang zu treten. Auch Bilharz nimmt dies an (a. a. O. S. 35). Die Aeste, in welche sich die einzige den elektrischen Hauptnerven repräsentirende Primitivfaser auflöst, laufen nicht ganz selten zu zweien, hin und wieder auch wohl zu dreien, von einer gemeinsamen Scheide eingeschlossen, eine Strecke weit neben einander her und biegen sich dann, ein jeder mit seiner besonderen Scheide (als Fortsetzung der gemeinsamen) versehen, auseinander, um sich zu den entsprechenden elektrischen Platten zu begeben.

---

1) Bei einigen längere Zeit hindurch in Sublimatlösung (3 Gr. auf 1 Unze Wasser) aufbewahrten Fragmenten elektrischer Organe von *Torpedo* zeigten sich an den Bindegewebsfascikeln des die Prismen von einander trennenden Sehnengewebes querverlaufende, schon mit blossem Auge sichtbare, weisse Streifen, welche unter dem Deckplättchen knirschten, bei durchfallendem Licht schwärzlich erschienen und grosse Resistenz gegen Säuren und Alkalien an den Tag legten. Diese Streifen schienen von einer ähnlichen Quecksilberverbindung gebildet zu werden, wie die oben von Schultze an den Scheiden von *Malapterurus* beschriebenen. Möglicherweise sind in letzterem Falle die Niederschläge in der Richtung der sog. Spiralfasern erfolgt.

2) An solchen vermeintlichen, umspinnenden Fasern fehlte es auch nicht in den Scheiden der granulirten Fasern im pseudo-elektrischen Organ des *Mormyrus oxyrhynchus* (s. Fig. 4d).

Verfolgt man nun einen der markhaltigen Nervenendäste bis zu seinem Uebergange in die zugehörige elektrische Platte, so bemerkt man, dass derselbe allmählig seine Eigenschaften als dunkelrandige Primitivfaser verliert und nach und nach in eine granulirte Faser übergeht, welche letztere, kurz vor ihrem Eintritt in die Platte, keulenförmig anschwillt. Ich wiederhole es, dass ich mich nur für einen allmähligen Uebergang der markhaltigen Faser in die granulirte Faser zu entscheiden vermag, dass ich also glaube, dass feinkörnige Substanz, wie sie sich in der keulenförmigen Anschwellung vorfindet, nicht ganz plötzlich, sondern nach und nach die Stelle des scharf contourirten Nervenmarkes einnehme. Schultze glaubt, dass ein brüskes Aufhören des Nervenmarkes und ein ebenso plötzlicher Beginn der granulirten Masse stattfinde. Die dunkelrandige Faser ragt nämlich, seiner Ansicht zufolge, „eine Strecke weit in eine spindelförmige Anschwellung der granulirten Faser hinein, ist vom blassen Inhalt der letzteren umgeben, was die Deutung dieser körnigen Faser als eines einfach aus der markhaltigen hervorgegangenen Axencylinders erschwert. Die feinkörnige Substanz sei vielmehr etwas Selbstständiges neben der Nervenfaser.“ Das Mikroskop hat hier wiederum über einen Gegenstand zu entscheiden, dessen Schwierigkeit der dermalige Zustand unserer optischen Hülfsmittel und unsere zur Zeit in Anwendung gebrachten Untersuchungsmethoden meiner Meinung nach nicht völlig gewachsen sein dürften. Ich habe am ganz frischen Präparate kein plötzliches Aufhören des Nervenmarkes wahrgenommen; das Bild verwischt sich hier ein wenig, die stärker lichtbrechende Markscheide und die feinen Granula der Endfaser fliessen gewissermaassen in einander, es bleibt jedoch, wie bemerkt, sehr schwierig, hier eine endgültige Entscheidung zu treffen. Es ist möglich, dass an den von Schultze benutzten, nicht mehr ganz frischen Präparaten eine stärkere Gerinnung des Nervenmarkes zur Annahme eines so plötzlichen Aufhörens desselben geführt habe.[1])

Obwohl ich aus der Markscheide der dunkelrandigen Primitivfaser keinen centralen Strang hervortreten sehen konnte, welcher als Axencylinder gedeutet werden durfte, so halte ich es trotzdem nicht für unwahrscheinlich, dass die granulirte Faser nebst ihrer Anschwellung eine directe Fortsetzung des Axencylinders der markhaltigen sei, welcher Vorstellung auch Bilharz (a. a. O. S. 35) und Schultze (a. a. O. S. 304) Raum gewähren. Man sieht nun in der keulenförmigen An-

1) Die von Schultze benutzten Präparate waren, seiner eignen Aussage nach, weit älter als die meinigen, da dieselben erst von Berlin nach Halle gesendet werden mussten (s. a. a. O. S. 301). Chromsäurepräparate scheinen mir zur Untersuchung eines so ausserordentlich schwierigen Gegenstandes nicht ausreichend zu sein.

schwellung einzelne kleine, rundliche, kernartige Körperchen auftreten, welche das Licht etwas stärker brechen, als die feinkörnige Grundsubstanz, in welcher sie liegen. An der Anschwellung finden sich von den kernartigen Körperchen erzeugte Ausbuchtungen der Grundsubstanz, in Form leichter hügeliger Unebenheiten (s. Taf. XVI, Fig. 10). Letztere sind es wohl, welche Bilharz für zellenartige, sphärische Körper vom Aussehen der Ganglienkörper erklärt hat (a. a. O. Seite 35).

Die mit der keulenförmigen Anschwellung zusammenhängende elektrische Platte bildet eine Scheibe, welche mit ihrer dem Schwanzende des Fisches zugekehrten Fläche der derben Sehnenhaut eines Septum des bindegewebigen Fachwerkes[1]) lose anliegt und von demselben ohne Schwierigkeit abgenommen werden kann. Eine Verbindung der Platte mit ihrem zugehörigen Septum findet höchstens an der Eintrittsstelle des Nerven statt, indem hier die Nervenscheide wahrscheinlich mit dem Septum zusammenhängt.

Die keulenförmige Anschwellung tritt in der Mitte der hinteren Fläche der Platte mit letzterer zusammen. Da, wo der Zusammenhang beider stattfindet, bildet die Platte um die Eintrittsstelle des Nerven herum viele Falten und Ausbuchtungen, welche den Anschein gewähren, als fänden sich unregelmässige, in kleinen Hügeln vorspringende, wallartige Verdickungen der Platte um die keulenförmige Anschwellung (s. Taf. XVI, Fig. 10ei). Daher sagt Bilharz, der Nerv trete durch eine Einsenkung oder Höhle, deren Mündung durch unregelmässige, warzenförmige Hervorragungen ringförmig verengt werde, in die Platte hinein (a. a. O. S. 34). Die granulirte Faser scheint nun mit ihrer keulenförmigen Anschwellung direct in die Platte überzugehen, so dass letztere nur als eine membranöse Ausbreitung der ersteren zu betrachten sein dürfte. Wendet man die Platte auf ihre Vorderfläche um, so bemerkt man hier, der Eintrittsstelle der granulirten Faser gegenüber, die von Bilharz beschriebene kraterförmige Vertiefung, welche sich eine Strecke weit in die keulenförmige Anschwellung hinein fortsetzt und blind endigt, so dass man sich diese als hohl, gewissermaassen als ein Rohr, vorzustellen hat. Diese kraterförmige Vertiefung ist ebenfalls mit vielen kleinen rundlichen, inselförmigen, halbinselförmigen, länglichen und gewundenen Ausbuchtungen der Platte umgeben. In ihrer Nähe bildet letztere aber grössere Falten, welche bald mit gewisser Regelmässigkeit strahlenförmig vom Centrum zur Peripherie

---

1) Ein solches sehniges Septum besteht aus vielen sich durchkreuzenden Bindegewebsfascikeln von fibrillärem Aussehen, und verbreiten sich an denselben Capillaren mit ovalen Kernen. Die Capillaren scheinen besonders an der hinteren Fläche des Septum vorzukommen.

laufen[1]), bald unregelmässige Inseln, Halbinseln, Hufeisen und hin und her gewundene Figuren darstellen, welche unter verschiedenen Winkeln auf einander treffen. Derartige Falten finden sich auch an der Hinterseite der Platte. Sie sind an frischen Präparaten nie so deutlich, als an solchen, welche in Chromsäure aufbewahrt worden sind; ich habe sie jedoch an ersteren bei Zusatz von etwas verdünntem Glycerin alsbald mit Schärfe hervortreten sehen. Man kann durch Hin- und Herschieben des Deckgläschens, sowie mittelst der Präparirnadel ohne Mühe Faltungen der Platte künstlich erzeugen, welche den beschriebenen täuschend ähnlich sind. Stellt man das Mikroskoprohr auf eine der Falten gehörig ein, so bemerkt man an den Rändern derselben doppelte, durch die Faltung der Plattensubstanz selbst hervorgerufene Contouren. Man beachte Fig. 11 h auf Taf. XVI. Ich glaube daher, dass man es nur mit Faltungen, mit abwechselnden Ausbuchtungen und Vertiefungen einer sehr dünnen Scheibe, nicht aber mit Verdickungen der Substanz derselben zu thun habe. Zur Untersuchung dieses Verhaltens halte ich scheinbare Querschnitte der Platten für besonders geeignet, indem man an solchen die Beziehungen der Platte zur granulirten Faser gut übersehen kann. Wirkliche Querschnitte dürften, bei dem geringen Dickendurchmesser der Platten, selten oder nie rein ausfallen. Schultze sah die Eintrittsstelle der keulenförmigen Anschwellung bei frischen Präparaten kreisförmig begrenzt (a. a. O. Taf. I, F. 1); an erhärteten Präparaten schienen wulstige Höcker in der Nähe der Eintrittsstelle vorzuspringen (a.a. O. S. 310). Eine völlig kreisförmige Demarcation habe ich selbst an frischen Präparaten nicht bemerkt, sondern selbst hier zeigten sich Unebenheiten, wenn auch nicht so auffällig, wie an längere Zeit mit Chromsäure behandelten Organen. Die Platte besteht, wie die mit ihr zusammenhängende granulirte Faser, aus einer pelluciden, farblosen Grundsubstanz von schwachem Lichtbrechungsvermögen, in welcher zahlreiche, das Licht etwas stärker brechende Körnchen eingelagert sind. Wie bei *Mormyrus* und *Torpedo* scheint diese Grundsubstanz von sehr zarter Beschaffenheit zu sein und lässt sich leicht in Fetzen auseinander reissen. Auch die Platte von *Malapterurus* scheint nur eine einzige Körnchenlage zu besitzen (s. S. 657).

Nach Schultze dringt das keulenförmige Insertionsende des Nerven in eine vertiefte Stelle an der Hinterfläche der Platte ein und erzeugt an der entgegengesetzten Vorderfläche der letzteren eine Erhöhung mit strahlenförmigen Ausläufern. Jedoch sei dieser vorspringende Buckel nicht, wie Bilharz angebe, hervorgedrängte Substanz der Platte, sondern es sei

1) Bilharz sagt daher mit Recht: „Diese Bildung erinnert lebhaft an eine centrale Hochebene mit strahlenförmig von ihr auslaufenden Gebirgsketten" (s. a. a. O. S. 34).

der Nervenknopf selbst, welcher, nachdem er die elektrische Platte durchbohrt, hier frei zu Tage trete. Beim Umkehren der Platte erkenne man sogleich, dass die centrale Hervorragung der vorderen Fläche noch alle Eigenschaften des Nervenknopfes besitze, auch vermöge man bei der Durchsichtigkeit des Gegenstandes bei unveränderter Lage des Präparates die Durchbrechung der Platte zu erkennen (a. a. O. S. 310, 311). Dieser Vorstellungsweise M. Schultze's vermag ich mich, dem vorhin Gesagten zufolge, nicht anzuschliessen, indem ich die sehr dünne, vielfach gefaltete Platte als directe flächenhafte Ausbreitung der granulirten Faser zu betrachten geneigt bin, wie letzteres schon Bilharz ausgesprochen hat. Die granulirte Faser tritt mit der dunkelrandigen zusammen und ist, wie oben erörtert wurde, muthmaasslich nur eine Fortsetzung des Axencylinders der letzteren.

Die kernartigen Körper, welche wir in der Substanz der granulirten Faser kennen gelernt haben, finden sich auch in der Platte. Dieselben nehmen in der kraterförmigen Vertiefung allmählig an Grösse zu und treten dann, in ganz unregelmässigen Abständen, auch in der Platte selbst auf. In den inselförmigen Faltungen an der Mündung der kraterförmigen Vertiefung erscheinen diese Gebilde sehr zahlreich (s. Taf. XVI, Fig. 11k) und können hier zur Annahme von Zellen verleiten, obwohl von letzteren in der That Nichts zu existiren scheint, da man es keineswegs mit geschlossenen, kernhaltigen Bläschen, sondern nur mit rundlich begrenzten, mit kernartigen Körpern versehenen Unebenheiten der Platte zu thun hat (vergl. Bilharz S. 35). Die Mehrzahl der kernartigen Gebilde ist sphärisch und besitzen dieselben ein das Licht stärker brechendes Kernkörperchen; selten finden sich zwei bis drei der letzteren. Man bemerkt aber auch hier und da längliche, ja hin und wieder sogar an beiden Enden spindelförmig zugespitzte Körperchen. An manchen der letzteren sieht man feine strahlige Linien von ziemlich scharfer Begrenzung, welche sich auch wohl theilen und den betreffenden Körperchen das Aussehen kleiner Sternzellen verleihen. Diese strahligen Ausläufer sind keine zufällig in einer Linie an einander gereihte Granula der Plattensubstanz, auch macht es nicht den Eindruck, als seien es optische Truggebilde, welche dadurch erzeugt werden, dass ein und das andere Körperchen zufällig am Rande einer Falte der Platte liegt, in welchem Falle dann die Contouren des Faltenrandes das Bild von Ausläufern des Körperchens gewähren. Diese scheinbaren Sternzellen liegen vielmehr häufig ganz isolirt an Stellen, an welchen von Falten gar keine Rede ist. Eher könnte man glauben, dass die zarte, anscheinend festweiche Plattensubstanz in der nächsten Umgebung der kernartigen Gebilde, in Folge von Druck, strahlige Risse oder Sprünge erhalten habe, welche letztere dann den vermeintlichen Ausläufern entsprechen würden (s. Taf. XVI, Fig. 10 u. 11k').

Indessen wage ich in dieser Hinsicht kein endgültiges Urtheil zu fällen, wie ich andererseits diese strahligen Körper auch nicht ohne Weiteres als wirkliche Sternzellen ansprechen mag. Weder Bilharz noch Schultze erwähnen solcher Gebilde.

Uebrigens gruppiren sich die Körperchen sowohl der granulirten Faser als auch der Platte hauptsächlich dicht in der nächsten Umgebung der kernartigen Körper. Sie treten bei erhärteten Präparaten schärfer hervor, als bei frischen. An letzteren kann man dieselben durch Zusatz von Essigsäure und Jodtinctur deutlicher machen. Auch Behandlung mit Carmindinte gewährt mancherlei Aufschlüsse.

Die Platten der mittleren Fächer des Organes besitzen einen nicht ganz regelmässig kreisförmig begrenzten Rand, welcher aber keineswegs, wie Bilharz a. a. O. S. 34 beschreibt, in seiner Substanz verdickt, sondern im Gegentheil mit der übrigen Platte von gleicher Stärke zu sein scheint. Indem sich die Platte an das ein wenig concave Septum eines der linsenförmigen Fächer anlegt, biegt sich der Rand etwas nach vorn um und wird nun beim Aufsetzen des Deckplättchens leicht gänzlich umgeknickt. Dann entgeht der zarte Randcontour dem Blicke, und es gewinnt nunmehr den Anschein, als habe man es mit einer Verdickung der marginalen Plattensubstanz zu thun. Häufig findet man Stellen, an welchen der umgebogene Rand allmählig seine normale Lage wieder einnimmt. Auch kann man den Umschlag bei seitlichen Einschnitten in die Platte durch Druck mit dem Deckplättchen und durch geeignete Manipulation mit der Präparirnadel ausgleichen, sowie es mir einmal gelungen ist, den umgeknickten Rand eine Strecke weit von der Platte loszupräpariren, wo dann an der Stelle des erhaltenen Zusammenhanges des abgetrennten Stückes mit dem umgeschlagenen Theil des Randes das ganze Verhältniss leicht zu übersehen war.

Bilharz schreibt der elektrischen Platte ein feines, structurloses Häutchen zu, welches bei eintretender Zersetzung einen Sack bilde, und „unzählige feine Falten werfe, während die winzigen Körperchen des Inhaltes in lebhafter Molecularbewegung begriffen seien“ (S. 34). Schultze bezweifelt die Anwesenheit einer solchen Membran, deren Darstellung als besondere Haut ihm an Chromsäurepräparaten nicht gelingen wollte, giebt jedoch die Existenz einer härteren Rindenschicht und einer weicheren Inhaltsmasse zu (a. a. O. S. 309). Auch ich habe bei frischen, bereits in Zersetzung übergehenden Präparaten die Faltung der Plattenoberfläche an Vorder- und Hinterseite, sowie die Molecularbewegung gesehen (vergleiche S. 660 das über *Torpedo* Gesagte) und glaube daher an das Vorhandensein einer homogenen Hülle oder doch wenigstens einer etwas festeren Grenzschicht. Dass sich letztere an Durchschnitten nicht mit besonderer Schärfe, nicht durch doppelte Contouren begrenzt, zeige, erklärt sich wohl aus der sehr zar-

ten Beschaffenheit derselben, für welche an Querschnitten — wie auch Bilharz bemerkt — eben nur eine feine Linie als optischer Ausdruck gelten kann.

Erklärung der Abbildungen:

Fig. 1. Schwanzende von *Mormyrus dorsalis* Geoffr. Nat. Grösse. aa pseudo-elektrische Organe, bb die sich zum Schwanzende begebenden Sehnen der Seitenmuskeln, cc Ligamente, welche von letzteren über die pseudo-elektrischen Organe hinweg zu den Dornfortsätzen der Schwanzwirbel gehen.

Fig. 2. Querdurchschnitt des Schwanzendes von *Mormyrus macrolepidotus* Pet. Vergr. 3. aa Querdurchschnitte der Seitenmuskeln, bb desgl. der Flossenmuskeln, cc pseudo-elektrische Organe.

Fig. 3. Ein solcher Querschnitt, einen Zoll weiter nach hinten geführt. Vergr. 3. aa Querdurchschnitt der Sehnen der Seitenmuskeln. Sonst wie bei voriger Figur.

Fig. 4. Flächenansicht eines Fragmentes vom pseudo-elektrischen Organ des *Mormyrus oxyrhynchus* Geoffr., bei etwa 320mal. Vergr. (Dieser Figur ist ein frisches Präparat zu Grunde gelegt worden.) a Bündel dunkelrandiger Primitivfasern, a' eine einzelne derselben, von den übrigen abgetrennt, um ihre dichotomische Verzweigung darzustellen, b Zapfen der granulirten Faser, ccc granulirte Fasern, c' eine einzelne der letzteren aus ihrem Zusammenhange mit der elektrischen Platte gelöst und umgeknickt, dd Scheide der granulirten Fasern mit sogenannten umspinnenden Fasern und Kernen, ee Insertionen der granulirten Fasern (an einigen dieser Fasern bemerkt man deutlich die doppelten Contouren an ihrer Verbindung mit der Platte), ff kernartige Körper in den granulirten Fasern und in der Platte, gg die Substanz der letzteren, gI, gII, gIII, Schichten derselben.

Fig. 5, 6 und 7. Vergr. etwa 100. a dunkelrandige Primitivfasern, b Zapfen und ccc Verästelungen der mit ihnen in Zusammenhang stehenden granulirten Fasern.

Fig. 8. Flächenansicht eines Fragmentes des elektrischen Organs von *Torpedo marmorata* (Chromsäurepräparat). Vergröss. etwa 300. a Capillargefäss mit b verschrumpften farbigen und e farblosen Blutkörperchen; d zwei Nervenprimitivfasern, laufen neben einander her, biegen sich dann auseinander, und theilen sich in die feinen Aestchen d'd'd' (dieselben erscheinen in Folge der Behandlung mit Chromsäure etwas gestreckter als im frischen Zustande); e Kerne der Primitivscheiden der Nerven; f einzelne losgelöste Kerne mit daran haftenden Nervenfasern, liegen frei an der Oberfläche des Präparates; g Plattensubstanz; h kernartige Körper mit ihren lichten Höfen; hI Höhle, aus welcher der kernartige Körper herausgefallen.

Fig. 8a. Flächenansicht eines kleinen Stückchens der elektrischen Platte des Zitterrochen im frischen Zustande. Vergr. etwa 750. a Platte mit ihren Körnchen, b Nervenendast, c kernartiger Körper

Fig. 9 ist nach einem mit dem Rasirmesser angefertigten Querschnitte eines Prisma von *Torpedo marmorata* gezeichnet (Chromsäurepräparat). Bei der Dünnheit der elektrischen Platte ist der Querschnitt derselben an den meisten Stellen nur ein scheinbarer und gewährt

daher nicht überall eine richtige Vorstellung von dem Dickendurchmesser der Platte, welcher in der Figur hier und da zu stark erscheint. Vergr. etwa 350. d Nervenfasern eines an der Peripherie des Prisma verlaufenden Stranges; dI einzelne feine Aestchen der Primitivfasern, von der Platte losgetrennt; dII Nervenscheide; e Kerne der Nerven; g wirkliche und scheinbare Querschnitte der einzelnen Platten; h kernartige Körper mit ihrem lichten Hofe; k Alveolen zwischen den Platten, im frischen Zustande mit einer gallertigen Masse erfüllt.

Fig. 10. Scheinbarer Querschnitt eines Stückes der elektrischen Platte von *Malapterurus electricus*. Vergr. etwa 350. (Dieser Figur ist ein frisches, mit verdünntem Glycerin behandeltes Präparat zu Grunde gelegt worden.) a elektrischer Nerv; b kernartige Körper desselben; c Nervenscheide; d sogenannte umspinnende Fasern und dI Kerne der Scheide; e markhaltige Primitivfasern; eI granulirte Faser; gg kraterförmige Vertiefung an der Vorderfläche der Platte, der Insertionsstelle der granulirten Faser gegenüber, ragt in die keulenförmige Anschwellung der letzteren hinein; h die gefaltete Platte; k kernartige Körperchen derselben; k' dergleichen mit scheinbaren sternförmigen Ausläufern.

Fig. 11. Flächenansicht eines Fragmentes der elektrischen Platte von *Malapterurus electricus* von der Vorderseite (Chromsäurepräparat) Vergr. etwa 350. Bezeichnung wie in Fig. 10.

Die Hornborsten am Schwanze des Elephanten.

Von

B. Naunyn.

Nachfolgende Untersuchung betrifft ein eigenthümliches Haargebilde, welches sich bei *Elephas* sowohl *asiaticus* als *africanus* findet.[1])

Es treten diese Haare an dem seitlich zusammengedrückten Schwanze des Thieres auf dem oberen und unteren Rande aus Einsenkungen der Haut zu je 4—5 heraus. Sie sind meist gegen das freie Ende des Schwanzes hin, die oberen nach unten, die unteren nach oben gebogen, und greifen mit den Spitzen übereinander. Ihre Länge beträgt ungefähr 1—2 Fuss, die Dicke $\frac{1}{2}$—$6\frac{1}{2}'''$. An ihrem Wurzelende zeigen sie eine leichte, kuppenförmige Vertiefung. Nach der Spitze zu werden sie etwas dünner, jedoch nur wenig im Verhältniss zu ihrer Länge. Ihre Oberfläche ist schwarzbraun, glatt und glänzend.

1) Veranlassung wie Material zu dieser Arbeit wurde mir durch die Güte meines verehrten Lehrers, des Herrn Prof. Reichert.

Der Querschnitt hat die Form eines Kreises oder einer Ellipse, oder eines Kreis- oder Ellipsensegmentes. Von den Autoren Heusinger[1]), Eble[2]), Gurlt[3]), Erdl[4]), Reissner[5]), welche am vollständigsten über die Haare der Säugethiere handeln, thun nur die beiden Ersteren dieser Gebilde Erwähnung. Heusinger, der sie am Ausführlichsten beschreibt (er nennt sie mit einem glücklich gewählten Ausdrucke „Hornborste" oder „Hornhaar"), sagt[6]): „Die einzelnen sind so dick wie starker Eisendraht, glänzend, schwarz, biegsam, elastisch, wie Horn"; ferner: „sie sind dicht und vollkommen glatt auf der Schnittfläche."

Auf dem Querschnitt erscheinen sie dem unbewaffneten Auge (und hierfür gilt offenbar Heusinger's Ausspruch) allerdings so, auf dem Längsschnitte dagegen erkennt man dieselben grauen, parallelen Streifen, die man am Fischbein, an der Hufwand des Pferdes an Längsschnitten sieht. Dort entstehen dieselben, wie die Untersuchungen von Hehn[7]) und Ressel[8]) zeigen, dadurch, dass jene Gebilde aus vielen kleinen Horncylindern gebildet sind, welche durch eine dazwischen gelagerte Hornmasse verklebt und zu einem gemeinsamen Ganzen verbunden werden. In der Axe jeder dieser kleinen Hornröhren verlaufen Canäle, welche die Reste der Papillen enthalten, um die die Hornröhren sich bilden, und welche auf dem Längsschnitte als jene weisslichen Streifen erscheinen.

Man könnte also schon nach dieser makroskopischen Aehnlichkeit vermuthen, dass die vorliegende Hornborste vom Schwanze des Elephanten mit jenen Gebilden in eine Classe, in die der zusammengesetzten Haargebilde gehört, welche Vermuthung durch die mikroskopische Untersuchung bestätigt wird.

Bei einer Vergrösserung von etwa 350 sieht man auf Querschnitten der Hornborste eine durch braunes Pigment stark gefärbte Substanz und in derselben Löcher, oder an deren Stelle weisse oder gelbliche Flecke von kreisrunder oder ovaler Form. Ausser ihnen bemerkt man in der braunen Masse, wie in der Rindensubstanz vieler Haare, stark lichtbrechende Punkte.

---

1) System der Histologie, 2 Bände. Eisenach 1822.

2) Die Lehre von den Haaren in der gesammten organischen Natur. Wien 1831.

3) Müller's Archiv für Anatomie und Physiologie etc. 1836.

4) Verhandlungen der Münchener Akademie, 1832.

5) Beiträge zur Kenntniss der Haare des Menschen und der Säugethiere. Breslau 1854, — und Nonnulla de hominis mammaliumque pilis diss. pro ven. leg. Dorpati Livonor., 1851.

6) l. c. Bd. II, S. 170.

7) De textura et formatione barbae balaenae, diss. inaug. Dorpat. 1849.

8) Beitrag zur patholog. Anatomie des Epithelialkrebses etc. in: Studien des physiologischen Instituts in Breslau, herausgegeben von C. B. Reichert. Leipzig 1858.

Lässt man Kalilauge auf den Querschnitt einwirken, so erkennt man, dass jeder dieser Punkte als Kern einer der dann deutlich hervortretenden Hornzellen angehört.

Die Hauptmasse der Hornborste besteht nämlich, wie bei allen Horngebilden, aus dicht übereinander geschichteten Lagen verhornter Zellen, welche man schon am unversehrten Querschnitte, noch deutlicher nach der Behandlung mit Kalilauge, die auch die Kerne hervortreten lässt, erkennen kann. In dieser Hornmasse lassen sich Bezirke unterscheiden, die eine deutliche concentrische Schichtung um die vorerwähnten gelben oder weissen Flecke zeigen. Diese einzelnen Bezirke berühren einander meist nicht, oder nur an wenigen Punkten ihrer Peripherie, so dass zwischen ihnen noch Bezirke der Hornsubstanz übrig bleiben, welche von dieser Schichtung nichts erkennen lassen. Noch deutlicher tritt dieser Unterschied wieder nach der Behandlung mit Kalilauge hervor. Man kann dann bei längerem Einwirken der Lauge und Anwendung eines geringen Druckes ein deutliches, schichtweises Zerklüften jener ersten Bezirke wahrnehmen.

Die erwähnten gelben oder weissen Flecke sind gegen die Hornsubstanz scharf abgegränzt. Sie sind gegen Kalilauge weit resistenter und lassen keine Zusammensetzung aus Hornzellen nachweisen. Auch lufthaltige Zellen wurden in ihnen nie bemerkt, wohl aber Bilder wie von Zellen mit deutlicher Membran und deutlichen Kernen. Sie lagen gewöhnlich an den betreffenden Stellen zu 4—5 beisammen, getrennt durch Fortsätze, welche von der Hornsubstanz zwischen sie einzudringen schienen. Sie isolirt zur Ansicht zu bekommen, gelang nicht.

Auf Längsschnitten erkennt man wieder eine dunkel pigmentirte Hornsubstanz, und in ihr verlaufende Kanäle, entsprechend den erwähnten Flecken des Querschnittes. Oft findet man in ihnen keinen Inhalt; oft sind sie erfüllt mit einer gelben Masse, in der sich keine Structur nachweisen lässt. Leicht konnte man bei fehlendem Inhalte Vorsprünge wahrnehmen, welche, das Lumen der Kanäle ringförmig verengend, von der Hornsubstanz in dieselben hereinragten.

Will man sich nun aus den beschriebenen morphologischen Verhältnissen einen Rückschluss auf das Wachsen dieses Gebildes erlauben, so ist hierbei festzuhalten, dass die Hornsubstanz jederzeit ein Abdruck der producirenden Matrix sein muss.[1])

Während nun bei allen anderen Haaren eine in der Axe verlaufende Papille[2]) gefunden wird, um welche die Hornzellen

1) Ueber das Wachsen der Horngebilde cfr. Reichert: „Structur, Textur und Wachsthum der Haare“ in Günsburg: Zeitschrift für klinische Medicin, 1855.

2) Die Angabe Cuviers, dass in der Schweinsborste sich zwei Papillen fänden, kann ich nicht bestätigen.

schichtweise gelagert sind, so zeigt hier der Mangel einer solchen Schichtung concentrisch um die Axe der Hornborste, dass eine solche gemeinschaftliche Papille für dasselbe nicht existirt. Man findet aber im vorliegenden Haare Bezirke, welche concentrisch um die oft erwähnten gelben oder weissen Flecke, oder vielmehr um die diesen entsprechenden Längskanäle geschichtet sind ; diese wird man also als Hornröhren ansehen müssen, deren jede ein Product einer der in den Kanälen enthaltenen Fortsätzen der Matrix (Papille) ist. Jeder dieser Fortsätze der Matrix, d. h. jede Papille, muss auf ihrer Oberfläche Längsrinnen haben, wie man dies in grösserem Maassstabe bei den Stacheln des Igels sieht; darauf deuten die auf dem Querschnitt sichtbaren Fortsätze hin, welche von der Hornsubstanz aus zwischen die in den gelben Flecken beieinander liegenden Zellen eindringen.

Ferner ist, wie die Grube am Wurzelende der Hornborste zeigt, eine Hervorwölbung des Coriums vorhanden, auf welcher als auf der gemeinsamen Matrix die Papillen sich erheben. Während diese nun unter fortwährendem gleichzeitigem Absterben an der Spitze und Nachwachsen von der Wurzel her die Hornröhren produciren, findet eine solche Production von Hornmassen auch auf den Stellen des Coriumzapfens statt, welche zwischen den einzelnen Papillen liegen (Interpapilläre Matrix). Die hier producirten Hornmassen verkleben dann die einzelnen Hornröhren zu einem compacten Ganzen und erscheinen auf dem Querschnitt der Hornborste als die nicht concentrisch geschichteten Partieen. — Die Art und Weise der Regeneration muss auch hier ganz analog dem Pferdehuf und dem Fischbein unter fortdauernder Mitbetheiligung der Matrix erfolgen, da wir die Kanäle mit den sie erfüllenden Matrixresten bis in die äusserste Spitze des Haares verfolgen können. Doch wird das Absterben der Papille nicht fortdauernd gleichmässig vor sich gehen, sondern dasselbe wird in regelmässigen Abständen früher und später auftreten, wodurch dann jene das Lumen der Kanäle ringförmig verengenden Vorsprünge entstehen, indem an diesen Stellen die Production der Hornzellen erst später durch das Absterben der Papille sistirt wird.

Die Hornborste am Schwanze des Elephanten erscheint also als ein zusammengesetztes Haargebilde. Es besteht das Bildungsproduct jedes einzelnen Fortsatzes der Matrix, d. h. jeder Papille, mit Ressel[1]) „Hornröhre“ genannt, ganz analog dem Fischbein und der Hufwand des Pferdes, aus vielen Hornröhren, welche durch eine auf der interpapillären Matrix gewucherten Hornmasse zu einem Hornhaare vereinigt werden.

Eine etwa das ganze Gebilde überkleidende Epithelialschicht (Oberhäutchen) zu finden, gelang nie.

---

1) l. c. p. 141.

An den mir zur Untersuchung überlassenen Hornborsten fand ich eigenthümliche Erscheinungen, welche ich für das Product einer Pilzansiedelung halten möchte: Die Hornborsten hatten an einzelnen Stellen ihren schönen dunklen Glanz verloren und zeigten sich wie mit einer Schicht von Rost bedeckt. Diese Schicht ist sehr bröcklich, was besonders bei Versuchen, feine Querschnitte anzufertigen, hervortritt. Bei der mikroskopischen Untersuchung sieht man von der Oberfläche Aushöhlungen in die Hornsubstanz hineingehen, welche in ihrer Form alle Uebergänge von den feinsten Tubulis bis zu ziemlich umfangreichen Acinis darstellen. Sie sind an ihrer Ausmündungsstelle mit schwarzem Pigment ganz dunkel gefärbt und enthalten eine gelbe Masse, die wie grob gekörnt erscheint. Die Wandungen dieser acinösen Aushöhlungen zeigen sich nach Herausnahme des Inhaltes sinuös zernagt. Sehr feine Kanäle gehen von ihnen aus, die theils blind endigen, theils die einzelnen Höhlungen unter einander verbinden, theils zu den oben beschriebenen, der Längenachse der Hornborste parallel laufenden Kanälen führen. In ihnen ist ein Inhalt wahrzunehmen, welcher in gleichen Abschnitten unbedeutende Einschnürungen erkennen lässt, und wie aus kleinen, hintereinander gelagerten Kügelchen gebildet scheint.

Die grossen Längskanäle in den betreffenden Theilen des Haares sind in ziemlich gleichmässigen Abständen ampullenförmig erweitert, so dass sie ein rosenkranzartiges oder varicöses Ansehen haben. Diese Erweiterungen sind oft ganz erfüllt mit einer Masse, welche wieder gelb und grobgekörnt erscheint. Häufig jedoch findet man die Erweiterungen leer, dann findet man nur von den Wänden aus Fäden in dieselben hinein ragen, welche eine deutliche Zusammensetzung aus kleinen Kügelchen zeigen.

Ueber den Faserstoff und die Ursachen seiner Gerinnung.

Von

Dr. Alex. Schmidt zu Dorpat.

(Fortsetzung und Schluss.)

---

8. Die atmosphärische Luft.

Bei alledem ist die alte Erfahrung, dass der Contact mit der atmosphärischen Luft die Gerinnung beschleunigt, gewiss richtig; in der Theorie muss ich dieses sogar allgemein für jedes Blut gelten lassen, obgleich praktisch die Beschleunigung bei normalem kräftigem Blut auf ein kaum bemerkbares Maass zusammenschrumpft; aber die Hauptsache ist, dass man es eben nur mit einer Beschleunigung zu thun hat, und dass man überall, wo sie in hohem Grade hervortritt, den Grund dazu in einer besonderen Beschaffenheit des Blutes suchen muss und nicht in einer coagulirenden Einwirkung der Luft. Man wird namentlich auf die fibrinoplastische Energie solchen Blutes im Verhältniss zu seinem Kohlensäuregehalt seine Aufmerksamkeit richten müssen; die Kohlensäurevermehrung allein kann kein genügendes Motiv abgeben, da ihre stärkste Anhäufung die Wirksamkeit des normalen kräftigen Blutes auch bei Luftabschluss nur wenig herabzusetzen vermag; aber es kann vorkommen, dass sich pathalogisch ein grosses Missverhältniss zwischen beiden Factoren im Blute entwickelt hat. In solchen Fällen der fibrinoplastischen Erschöpfung bei gleichzeitiger Kohlensäureanhäufung muss der Contact mit der atmosphärischen Luft, die Möglichkeit des Gasaustausches und die dadurch herbeigeführte Befreiung des Blutes von dem Uebermaass an Kohlensäure die Gerinnung mehr oder weniger deut-

lich beschleunigen. So ist es bekannt und ich habe es auch so gefunden, dass das von erstickten Thieren genommene Blut auch an der Luft sehr langsam gerinnt; es gerinnt aber, wie ich gesehen, mit normaler Schnelligkeit, wenn man es mit normalem Blute versetzt. Ich habe nun zwar keine directen Versuche darüber angestellt, ob das Blut erstickter Thiere bei Luftabschluss noch langsamer gerinnt, als bei Luftzutritt, obgleich ich es für sicher halte, aber ich kann mich hier auf die Erfahrungen berufen, welche Brücke an dem Blute von Schildkröten, Kröten und Fröschen gemacht hat, das er längere Zeit in unterbundenen, lebenden Herzen über Quecksilber oder Oel aufbewahrt hatte.[1]) In Bezug auf den Mangel an respiratorischer Erneuerung entsprachen die Verhältnisse hier denen bei der Erstickung; das Blut wurde gleichfalls in hohem Grade venös, so dass das Roth ganz verschwand. Bei solchem Blute hat Brücke die langsamste Gerinnung beobachtet, und hier, namentlich bei Froschblut, hat er auch bisweilen gefunden, dass das aus dem zerquetschten Herzen unmittelbar über Quecksilber aufgefangene Blut sehr lange, selbst bis 24 Stunden ganz oder theilweise flüssig blieb und dann erst bei Luftzutritt gerann. Ich halte nun zwar Brücke's Schluss, dass das Froschblut in diesen Fällen der atmosphärischen Luft bedurft[2]) hätte, um zu gerinnen, nicht für ganz sicher, insofern er die Beobachtung des über Quecksilber abgesperrten Froschblutes, wenn ich ihn richtig verstanden, höchstens auf 25 Stunden ausgedehnt hat, ich aber zu oft Gelegenheit gehabt habe, zu sehen, wie die Gerinnungen bei mangelhafter fibrinoplastischer Einwirkung nicht blos erst nach 24 Stunden, sondern häufig erst nach mehreren Tagen, selbst nach 8—12 Tagen eintraten (in einzelnen dieser Fälle hat Brücke ja auch über dem Quecksilber beginnende, in anderen bereits vollendete Gerinnung gefunden), aber ich sehe in solchen Fällen den sicheren Beweis wenigstens dafür, dass der Contact mit der atmosphärischen Luft unter Umständen die Gerinnung des

1) „Ueber die Ursachen der Gerinnung des Blutes", Archiv für pathol. Anatomie und Physiologie, 1857, S. 89.

2) A. a. O. S. 92.

Blutes in hohem Grade befördert und zwar durch die eintretende Gasdiffusion. Immer ist es meiner Ueberzeugung nach nicht blos der Kohlensäurereichthum solchen Blutes, was den Erfolg der letzteren bedingt, sondern auch die gleichzeitig vorhandene fibrinoplastische Erschöpfung desselben.

Am meisten für eine coagulirende Einwirkung der Luft spricht die namentlich von Virchow hervorgehobene Thatsache, dass Chylus und Lymphe niemals innerhalb der Leiche gerinnen. Hierüber habe ich nur wenig Versuche aufzuweisen. Da es mir bei möglichst vollkommenem Luftabschluss nicht gelungen ist, die Gerinnung des Chylus zu verhindern, sondern sie nur verzögert wurde, so schliesse ich, dass für diese Flüssigkeiten dieselben Gesichtspunkte gelten müssen, wie für das geschwächte Blut, dass es sich, nach der Entfernung dieser Flüssigkeiten aus dem Körper, beim Contact mit der atmosphärischen Luft um eine bedeutende Beförderung der Gerinnung handelt, aber eben nur um eine Beförderung; Chylus und Lymphe verhalten sich ja auch in fibrinoplastischer Beziehung dem geschwächten Blute ganz analog. Von grösserer Bedeutung als die Berührung mit der Luft scheint für die Gerinnung dieser Flüssigkeiten die Entfernung aus dem Körper zu sein[1]. Ich muss hier auf den Umstand Gewicht legen, dass

1) Ich unterband bei einem Pferde, nachdem ich ihm mehrere Unzen Chylus abgenommen hatte, den Ductus thoracicus an der Schnittstelle, füllte ihn durch Pressen des Unterleibes von Neuem mit Chylus, vertheilte durch Drücken mit den Fingern die eingedrungene Luft möglichst in der ganzen Länge des Gefässes und unterband dasselbe in seiner Mitte. Hierauf spritzte ich defibrinirtes Blut von demselben Thiere in den vorderen Abschnitt. Nach 1 Stunde öffnete ich beide Abschnitte, aus dem vorderen drangen dicke, geronnene Chylusklumpen hervor, im hinteren war noch Alles flüssig. Hier war also Luft mit Chylus in Berührung gekommen, ohne dass er bis dahin gerann. Andererseits beweist dieser Versuch, dass, wenigstens bei warmblütigen Thieren, die von den Wandungen der Chylusgefässe ausgehenden Widerstände wohl den im Chylus herrschenden Gerinnungsimpuls zu paralysiren vermögen, nicht aber den viel stärkeren des Blutes. Bei Schildkröten hat Brücke gefunden, dass das Blut in der grossen Lymphcysterne nach 7 Stunden noch nicht geronnen war. A. a. O. S. 177.

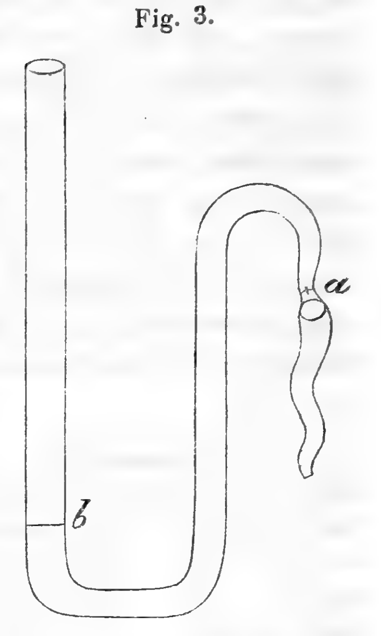
Etwas Analoges ja auch beim Leichenblute vorkommt; es ist bekannt, dass man dasselbe nicht blos häufig unvollkommen geronnen, ja selbst ganz flüssig findet, dass es dann nachträglich an der Luft gerinnt; die Erfahrung lehrt auch, dass das flüssige Leichenblut nach seiner Entleerung aus dem Körper häufig nicht so gut gerinnt, wie das vom Lebenden genommene Blut, dass die Gerinnung um so langsamer verläuft, je später nach dem Tode das Blut aus dem Körper genommen wird, wie das namentlich bei dem fibrinoplastisch geschwächten Blute erstickter Thiere sich deutlich zeigt. All' dieses deutet darauf hin, dass man es in der Leiche nicht blos mit Gerinnungswiderständen zu thun hat, sondern dass zugleich das fibrinoplastische Princip des Blutes während seines Flüssigbleibens mehr oder weniger zerstört wird. Dasselbe kann nun auch für Chylus und Lymphe gelten; möglich, dass bei der ohnehin sehr geringen fibrinoplastischen Energie dieser Flüssigkeiten solche durch die Verhältnisse in der Leiche bedingten Abschwächungen derselben, verbunden mit den Gerinnungswiderständen, wozu vor Allem wiederum die Kohlensäure zu zählen wäre, hinreichen, um ihre Gerinnung innerhalb des todten Körpers ganz zu hindern. Es wird häufig hervorgehoben, dass das Blut asphyktisch Gestorbener in der Leiche gar nicht gerinnt; was hier bei abnormem Blute vorkommt, kann ja für Chylus und Lymphe die Regel sein.

9. Gerinnungsursachen.

Wovon hängt nun die fibrinoplastische Energie der spontan gerinnenden Flüssigkeiten ab? Man muss sich doch die Kraft an einen Stoff, an eine eigenthümliche in ihnen enthaltene Substanz gebunden denken. Ihre gasförmige Natur wurde aus bereits angeführten Gründen unwahrscheinlich, es ist auch nicht denkbar, dass man es hier mit einem festen Körper zu thun hat; es handelte sich jedoch darum, die Flüssigkeit der Substanz nicht blos durch Ausschliessung, sondern durch einen positiven Versuch zu constatiren; ich führe diesen Versuch hier an, weil er zugleich beweist, dass auch das absolut zellenfreie Blutserum Gerinnung zu bewirken vermag. Ich stellte

mir zu dem Zwecke künstliche Serumtranssudate dar; da die Nabelgefässe keine Ramificationen besitzen, so eignen sie sich am besten zu diesen Versuchen; es kostet einige Mühe, sie unverletzt herauszupräpariren, aber es genügt auch ein Stück von 4—6 Zoll Länge. Ein solches Stück Nabelgefäss wurde über das Ende *a* der Glasröhre Fig. 3 gebunden, das untere Ende des Gefässes durch eine Schlinge fest zugezogen, dann Gefäss und Röhre bis etwa *b* mit Blutserum gefüllt und nun mittels eines Trichters mit langausgezogener Spitze Quecksilber vorsichtig nachgefüllt; durch häufige Wiederholung des Nachfüllens sorgte ich für einen durchschnittlichen Druck von 8—12 Ccm. Quecksilber. Das Nabelgefäss hing in ein Reagensglas hinein, welches die transsudirende Flüssigkeit aufnahm. War das Quecksilber bis zum höchsten Punkte des Schenkels *c* gestiegen, so konnte es ausgegossen und die ganze Operation, wenn nöthig, wiederholt werden. Wegen der Ausdehnbarkeit des Gefässes muss man dafür sorgen, dass der Schenkel *c* der Röhre im Verhältniss zur Capacität des Gefässes gross genug ist, um so viel Flüssigkeit fassen zu können, als zur Erzeugung eines ausreichenden Seitendruckes nöthig ist. Das Transsudat war stets um 1—$1^1/_2$ $^0/_0$ ärmer an Eiweiss als die Mutterflüssigkeit. Es hatte seine fibrinoplastische Wirksamkeit beim Durchtritt durch die Gefässwandung nicht verloren, aber sie war meist sehr schwach geworden; bei Zimmertemperatur stellten sich die durch diese Transsudate bewirkten Gerinnungen gewöhnlich erst nach 3—24 Stunden ein; dieses war jedoch nicht immer der Fall, zuweilen fand sich nur eine geringe zuweilen gar keine Differenz zwischen der Wirkung von Transsudat und ursprünglichem Serum. Der concentrirte Rückstand im Nabelgefäss besass immer ein

Fig. 3.



sehr geringes Vermögen, Gerinnungen zu erzeugen. Ich weiss keine genügende Erklärung für diese Thatsachen, nur darauf will ich aufmerksam machen, dass die schwache fibrinoplastische Wirksamkeit des künstlichen Serumtranssudates sich, ohne dass man gezwungen ist, zu anderen Hypothesen seine Zuflucht zu nehmen, aus dem innigen Contact mit der atmosphärischen Luft, welchem die Flüssigkeit beim Durchtritt durch die Gefässwandung unterworfen ist, erklären lässt. Der Transsudationsprocess dauerte doch immer einige Stunden; liess ich Blutserum ebenso lange und in derselben Temperatur in sehr dünnen Schichten an der Luft liegen, so wirkte es gleichfalls sehr schwach. Die Hauptsache ist, dass die fibrinoplastische Substanz transsudabel, also flüssig ist, und unabhängig von den Blutkörperchen vorkommen und wirken kann.[1])

---

1) Des Zusammenhanges wegen will ich hier eine andere Thatsache erwähnen, auf deren Bedeutung ich später zurückkommen werde. Ich spülte eine Nabelarterie äusserlich und innerlich so lange mit Wasser aus, bis dasselbe ganz klar und farblos ablief. Um nun auch das dem Gefäss ursprünglich angehörige und seine Wandungen tränkende Blutserum auszuwaschen, liess ich dasselbe einige Stunden in destillirtem Wasser liegen unter zeitweiliger Erneuerung desselben. Darauf presste ich in derselbeu Weise, wie oben das Blutserum, destillirtes Wasser durch die Gefässwandung; einige Tropfen von diesem Wassertranssudat zu 1 Ccm. Herzbeutelflüssigkeit gesetzt machten dieselbe in 1 Stunde gerinnen. Nach der vorangegangenen Behandlung des Gefässes konnten seine Wandungen höchstens noch verschwindende Spuren von Serum enthalten haben, die Menge des Wassertranssudates betrug aber ungefähr das Doppelte des ganzen Gefässinhaltes; bei dieser kolossalen Verdünnung erschien es nicht gut möglich, die Wirkung des Wassertranssudats auf Serumbeimengung von Seiten der Gefässwandung zu beziehen; jedenfalls durfte man vermuthen, dass nun der letzte Rest von Serum durch das Wasser mit fortgeschwemmt worden sei; das zweite Wassertranssudat verhielt sich aber wie das erste; bei siebenmaliger Wiederholung blieb das Resultat im Wesentlichen dasselbe, die letzten Transsudate wirkten zwar schwächer als die ersten, das siebente bedurfte, um Gerinnung hervorzurufen, bei einer Temperatur von 25° eines Zeitraumes von 3 Stunden, aber eine Erschöpfung der fibrinoplastischen Quelle trat nicht ein. Versuche an Nabelvenen, sowie wiederholte Versuche an Nabelarterien ergaben immer dieselben Resultate. Diese wässerigen

Trotz dieser möglichen Unabhängigkeit glaube ich doch in den zelligen Elementen der spontan gerinnenden Flüssigkeiten den letzten Grund ihrer Gerinnung sehen zu müssen, nicht blos, indem sie die fibrinoplastische Substanz überhaupt erzeugt und der Flüssigkeit abgegeben haben, sondern indem sie dieses auch speciell während jedes Gerinnungsactes thun; ob diese Erzeugung auch in der serösen Flüssigkeit fortgeht oder ob dieselbe zu dem Ende fibrinöser Natur sein muss, so dass die Wirksamkeit des Serums nur auf einen von der vorangegangenen Gerinnung herrührenden Ueberschuss an fibrinoplastischer Substanz zu beziehen ist, diese Frage zu entscheiden ist mir trotz mannichfacher Versuche nicht gelungen. In Nachstehendem will ich die Gründe, die mich zu der Annahme einer specifischen Zellenwirkung bewegen, angeben.

Zuerst erinnere ich daran, dass die Energie des Gerinnungsvorganges in den Transsudaten abhing von der Grösse des Blutzusatzes, also von der Menge der einwirkenden fibrinoplastischen Substanz. Wegen der Fibrinarmuth der meisten Transsudate treten allerdings die Unterschiede meist nur dann deutlich hervor, wenn die Quantitäten Blutes, mit welchen man operirt, überhaupt klein sind. Wenn nun die Blutzellen gar keine Rolle bei der Gerinnung spielten und es nur auf die in der Blutflüssigkeit gelöst enthaltene fibrinoplastische Substanz ankäme, so müsste ein Tropfen Serum nicht blos nicht schwä-

---

Transsudate, selbst die zweiten und dritten aus einem Gefäss, besassen eine stärkere fibrinoplastische Wirksamkeit, als die künstlichen Serumtranssudate. Wie wäre dies bei der enormen Verdünnung denkbar, wenn der Grund davon in dem durch Auswaschen nicht entfernten Reste des die Gefässwandung durchdringenden Blutserums läge? Ich sehe keine andere Möglichkeit, als die Quelle des dem Wasser beigemengten fibrinoplastischen Princips im Gewebe der letzteren selbst zu suchen. Ist dieses der Fall, so muss man annehmen, dass destillirtes Wasser das Gewebe besser auslaugt, als Blutserum, dessen Wirksamkeit in der weitaus grössten Zahl der Fälle sich nach der Transsudation nicht nur nicht gesteigert, sondern geschwächt zeigt. Danach muss man schliessen, dass die fibrinoplastische Wirksamkeit einer Flüssigkeit in keiner Abhängigkeit von ihrem Gehalte an Serumeiweiss steht.

cher, sondern stärker wirken, als ein Tropfen Blut, da dort diese Substanz offenbar in grösserer Menge vorhanden sein müsste, als hier, wo ein grosser Raumtheil der Flüssigkeit von körperlichen, gegen den Gerinnungsvorgang sich indifferent verhaltenden Elementen absorbirt wäre. Es ist aber sehr leicht, sich von dem Gegentheil zu überzeugen; vergleicht man Blut und Serum mit einander in Bezug auf ihr fibrinoplastisches Verhalten, so ergiebt sich auch in ganz frischem Zustande immer wenigstens eine 5 bis 20 Mal stärkere Wirkung des ersteren.

Es kommt für die Schnelligkeit der Gerinnung sehr darauf an, ob die Blutkörperchen überall in der Flüssigkeit vertheilt sind, oder ob man die Bedingungen so stellt, dass sie sich an einem Punkte, am Boden des Gefässes, ansammeln. Um dieses herbeizuführen, bringe ich an ein Reagensglas etwa zwei Ccm. eines leicht gerinnenden Transsudates und nähere einen an einem Glasstabe hängenden Tropfen frischen Blutes vorsichtig der Oberfläche der Flüssigkeit; in dem Augenblicke, wo er dieselbe berührt, sinkt er auch bleiartig in ganzer Substanz zu Boden; die Flüssigkeit darf natürlich nicht sehr concentrirt sein; am Besten gelang mir das Experiment bei solchen Transsudaten, deren Gehalt an organischer Substanz nicht über $2 - 2^1/_2\,^0/_0$ hinausging. Brachte ich in einem anderen Reagensglase dieselben Quantitäten Transsudat und Blut unter einmaligem Schütteln zusammen, so erfolgte die Gerinnung in einigen Minuten, hier dagegen dauerte es oft mehrere Stunden. Dabei lässt es sich sehr gut beobachten, wie die Gerinnung zuerst in der nächsten Umgebung der Blutkörperchen eintritt; dieselben bilden anfangs eine leicht bewegliche, zusammenhangslose Schicht, die sich bei vorsichtigem Neigen des Gefässes parallel der Flüssigkeitsoberfläche bewegt, und sich bei jeder unsanften Bewegung leicht wieder in der Flüssigkeit vertheilt; bald verkleben jedoch die Blutkörperchen unter einander und die Schicht erscheint als eine starre, unbewegliche, an der Wandung mehr oder weniger fest anheftende Masse, als eine feste Scheibe, während alles Uebrige noch vollkommen flüssig ist. Sieht man nun von Zeit zu Zeit zu, so findet man über kurz oder lang, dass

die Scheibe von einer Gallertschicht eingehüllt ist, aber die Lichtbrechung dieser Gallerte ist keine andere als die der umgebenden Flüssigkeit, man muss daher, um sie zu erkennen, das Glas fast ganz zur Horizontale neigen, um so die Flüssigkeit von der bereits ausgeschiedenen Masse zu entfernen. Dadurch stört man jedoch leicht den ganzen Vorgang; häufig scheiden sich nämlich, bald nachdem der Klumpen am Boden entstanden ist, zarte, oft kaum sichtbare Fäden und Flöckchen in der übrigen Flüssigkeit aus und zwar geschieht dieses um so leichter, je weniger vollkommen die Senkung des Blutstropfens gelang. Diese die Flüssigkeit meist von oben nach unten durchziehenden, einerseits mit dem Coagulum zusammenhängenden, andererseits an der Gefässwand in der Peripherie der Flüssigkeitsoberfläche fest anhaftenden Ausscheidungen verlieren theilweise ihre Spannung bei der durch die Neigung des Gefässes bedingten Formveränderung der Flüssigkeitssäule, sie contrahiren sich oder verfilzen sich unter einander, so dass dass leichte Gerinnsel, wenn man das Gefäss wieder aufrecht hinstellt, unmittelbar unter der Oberfläche oder in der Mitte der Flüssigkeit hängen bleibt, leicht theilweise wieder zerfällt, und nun eine schnelle Gerinnung bewirkt. Gelingt es, diesem Uebelstande zu entgehen, so lässt sich weiter das allmählige Dickerwerden der die Blutkörperchen umhüllenden Gallertschicht beobachten; dieses geht fort bis zu einer gewissen Grenze, dann, gewöhnlich nach einigen Stunden, gerinnt die übrige Flüssigkeit, die entweder bis zum letzten Augenblicke klar und durchsichtig geblieben ist, oder nachdem bereits einige Zeit früher wolkige Trübungen, fadenförmige und flockige Ausscheidungen, oft ganze Netzwerke in ihr aufgetreten waren, und zwar gerinnt sie meist ziemlich schnell. Verzichtet man auf die den Vorgang im flüssigen Theile doch immer störende Beobachtung des Gerinnsels am Boden, lässt man also die Flüssigkeit möglichst in Ruhe, so stellt sich, lange nachdem die Blutkörperchenschicht ihre äusserlich schon bei sehr geringer Bewegung des Gefässes leicht bemerkbare Starrheit erhalten eine gleichmässige Gelatinirung der ganzen Flüssigkeit ein, ohne dass das Auge die geringste Veränderung der letz-

teren wahrzunehmen vermag; man kann glauben, es noch mit einem vollkommen flüssigen Körper zu thun zu haben, höchstens erscheint er bei leichter Bewegung in geringem Grade schleimig; aber indem man eine oder ein Paar solcher Bewegungen macht, löst sich von den Wänden ein zartes, an Beweglichkeit der Flüssigkeit kaum nachstehendes Gerinnsel ab, dessen Contouren nun erst sichtbar werden. Man hat es nun nicht mit einer netz-, sondern mit einer membranartigen Ausscheidung zu thun, dieselbe löst sich von allen Punkten der Gefässwandung ab, nur in der Peripherie der Flüssigkeitsoberfläche bleibt sie fest an ihr kleben; indem sie sich allseitig contrahirt, hebt sie die Blutkörperchenscheibe, in deren Peripherie sie übergeht, vom Boden ab und das Ganze gewinnt so das Ansehen eines von der Oberfläche der Flüssigkeit herabhangenden, in der Mitte zusammengeschnürten Beutelchens oder Säckchens mit einem rothen Bodeneinsatz. Ganz derselbe Process wiederholt sich nun nach einiger Zeit in der das Säckchen umgebenden Flüssigkeit, es entstehen so mehrere einander einkapselnde immer durchsichtiger werdende Säckchen. Schöner und deutlicher sieht man diese Bildungen entstehen, wenn man statt frischen Blutes schon geschwächtes, etwa solches, das 24 Stunden bei 12—14° an der Luft gestanden, nimmt. Die Senkung der Blutkörperchen gelingt hier viel besser, indem auch der nicht sogleich niedersinkende Theil derselben Zeit gewinnt, dieses nachträglich zu thun. Aber was dort in einigen Stunden vor sich geht, dazu bedarf es hier einiger Tage. Mag man nun frisches oder älteres Blut zu diesen Versuchen gewählt haben, man kann, wenn man sich eine Reihe von solchen, in allen Beziehungen unter ganz gleichen Gerinnungsbedingungen gesetzten Beobachtungsobjecten zubereitet hat, die dann in jedem Stadium auch die gleichen Erscheinungen darbieten, zu jeder beliebigen Zeit den Vorgang abändern und die der fibrinoplastischen Wirksamkeit des gewählten Blutes entsprechende schnelle Ausscheidung eines compacten Gerinnsels herbeiführen, wenn man durch einmaliges kräftiges Schütteln der Flüssigkeit die zarten, in ihr bereits vorhandenen

Fibrinbildungen zerstört und die Blutkörperchen in der Flüssigkeit vertheilt.[1])

Häufig kommt es vor, dass nicht der ganze Blutstropfen zu Boden sinkt, sondern ein Theil desselben an den Wänden haften bleibt oder auf der Oberfläche der Flüssigkeit zurückgehalten wird. Die zurückgebliebenen Blutkörperchen rieseln dann in rothen Streifen entweder mitten durch die Flüssigkeit oder in den feinen Ritzen der Glaswandung zu Boden; man erkennt diese Bewegung deutlich an der sichtbaren Verminderung und dem endlichen Schwinden der oberen Ansammlung von Blutkörperchen, während die untere sich gleichzeitig vermehrt. Oft gerieth jedoch die Bewegung vor ihrem Ende in Stockung; sah ich dann genauer zu, so hatten sich die rothen Streifen in rothe Fäden verwandelt, deren unteres Ende sich bei geringem Hin- und Herschwenken des Glases leicht vom Coagulum am Boden ablöste und die dann in der noch ganz unveränderten Flüssigkeit flottirten.

In diesen Versuchen fand jedoch stets eine Senkung des ganzen Blutstropfens, dessen Serum mit eingeschlossen, Statt; man konnte danach das Resultat nicht für sicher halten, man konnte annehmen, es käme für die Gerinnung nicht auf die Vertheilung der Blutkörperchen, sondern vielmehr auf die des Serums in der Flüssigkeit an. Ich musste daher jetzt die Be-

---

1) Die ausserordentliche Trägheit, mit welcher die Ausscheidungen auf einander folgten, wenn ich die zelligen Elemente in der sie umschliessenden Fibrinmasse beliess, legte mir die Vermuthung nahe, es handele sich hier nicht blos um die auf ein Minimum reducirte Berührungsfläche zwischen Flüssigkeit und Zellen, es käme vielleicht ausserdem dem ausgeschiedenen Faserstoff eine isolirende, die weitere fibrinoplastische Einwirkung in gewissem Grade absperrende Wirkung zu. Folgender, einige Mal wiederholter Versuch spricht dafür, wenn ich ihn auch nicht als Beweis gelten lassen will. Ich zerstörte mit einem Glasstabe vorsichtig die oberflächliche Decke einiger der oben beschriebenen beutelförmigen Gerinnsel; gewöhnlich zerrissen dabei auch gleichzeitig ihre Zusammenhänge mit der Gefässwandung, wo sie sanft und ohne irgend eine Verletzung davon zu tragen, zu Boden sanken; jetzt erschienen die nachfolgenden Fibrinausscheidungen immer viel schneller, als in den Flüssigkeiten mit unverletztem primärem Gerinnsel.

dingungen so stellen, dass eine möglichst innige Mischung der Flüssigkeitstheilchen vor Senkung der Blutkörperchen stattfinden konnte. Pferdeblut eignet sich wegen der Schwere seiner Zellen und seiner langsamen Wirksamkeit am besten zu diesen Versuchen, obgleich sie auch mit Rinderblut häufig gelingen. Ich liess das Blut 25—30 Stunden an der Luft in Zimmertemperatur abstehen und setzte davon 2—4 Tropfen zu einem Paar Ccm. einer fibrinösen Flüssigkeit, schüttelte das Gemenge, rührte es ein Paar Male mit einem Glasstabe um und liess es dann ruhig stehen. Meist nach einer Viertelstunde hatten sämmtliche Blutkörperchen sich gesenkt, die weiteren Erscheinungen entsprachen dann den oben beschriebenen. Der grössere Blutzusatz überhaupt, sowie die Vertheilung des Serums in der Flüssigkeit bewirkten jedoch, dass der Process meist schon in 3—6 Stunden beendet war. Sehr schön liess sich die am Boden des Gefässes um die Blutkörperchenschicht nach und nach stattfindende Gerinnung verfolgen. Da ich bei diesen Versuchen meist grössere Blutmengen anwandte, so war das Gewicht des am Boden entstehenden Gerinnsels gewöhnlich gross genug, um nicht ein gar zu ängstliches Verfahren bei seiner Beobachtung nöthig zu machen; bisweilen erreichte dasselbe, langsam in der Dicke zunehmend, die halbe Höhe der Flüssigkeitssäule, bevor die schnelle Gerinnung des Restes sich einstellte. Auch hier konnte ich den Process in hohem Grade beschleunigen, wenn ich die Flüssigkeit schüttelte, was bei wiederholtem Niedersinken der Blutkörperchen nöthigenfalls einige Male geschehen musste.

Nicht selten bei ungünstigen Gerinnungsbedingungen, namentlich bei fibrinarmen und doch concentrirten, oder bei schon in beginnender Zersetzung begriffenen Flüssigkeiten ist es mir bei diesen Versuchen mit geschwächtem Blute vorgekommen, dass die anfangs gleichmässig gefärbte Flüssigkeit plötzlich ein dunkel punktirtes, gesprenkeltes Ansehen annahm. Unter dem Mikroskop erschienen diese dunklen Punkte als kolossale Haufen an einander geklebter Blutzellen, zwischen welchen sich gar keine oder nur sehr wenige vereinzelte freie Zellen befanden. Zuweilen stellte sich später eine gallertartige Aus-

scheidung ein, welche jene dunklen Punkte einschloss, in anderen Fällen war der Vorgang mit jener Häufchenbildung, wenn ich nicht frisches Blut zusetzte, geschlossen. Willkürlich konnte ich diese Erscheinungen, die ich gewissermaassen als mikroskopische Gerinnungen betrachten möchte, nicht herbeiführen, ich habe sie nur dem Zufalle zu verdanken.

Alle diese Versuche sind nicht leicht anzustellen, sie misslingen häufig, in jedem Falle verlangen sie viel Geduld und häufige Wiederholung der Beobachtung, um die rechten Augenblicke nicht zu versäumen, verbunden mit grosser Vorsicht. Es wäre zu weitläufig, alle Uebelstände und oft sehr kleinlichen störenden Momente, die die Ursache des Misslingens werden können, hier angeben zu wollen. Wer sich nicht mit vereinzelten Versuchen begnügt, sondern eine grössere Reihe derselben anstellt, dem wird es häufig gelingen, oft auch zufällig, das zu sehen, was ich hier beschrieben habe.

Ich hatte bei zu anderen Zwecken angestellten Versuchen erfahren, dass man namentlich bei schwacher fibrinoplastischer Einwirkung den Gerinnungsvorgang dadurch sehr verlangsamen kann, dass man einen Kupfer- und Zinkstreifen in die Flüssigkeit bringt. Die albuminoiden Körperflüssigkeiten erleiden hierbei eine oft sehr schnelle Zersetzung, namentlich bedeckt sich der Zinkstreifen bald mit flockigen und klebrigen Niederschlägen; auf die weitere Beschreibung derselben will ich mich hier nicht einlassen, da ich noch keine Untersuchungen darüber angestellt, ob diese Zersetzung der Flüssigkeiten und die gleichzeitige Verzögerung ihrer Gerinnung auf elektrische Strömungen oder auf die chemische Einwirkung etwaiger metallischer Auflösungen zu beziehen sind; es genügt hier die Thatsache, dass man auf diese Weise die Gerinnungswiderstände vermehren kann. Ich fing Pferdeblut aus der Vena jugularis in einem schmalen, in einer Kältemischung stehenden Cylinderglase auf, in welches ich ein Paar solcher Metallstreifen, deren Breite dem Durchmesser des Glases fast gleichkam, gestellt hatte; nachdem sich die Blutkörperchen gesenkt hatten, hob ich das Gefäss aus der Kältemischung. Jetzt konnte ich beobachten, dass die durch die Metallstreifen bedingten Gerinnungs-

widerstände zuerst in dem unteren, die Blutkörperchen enthaltenden Abschnitt der Flüssigkeit überwunden wurden. Nach einiger Zeit fand ich die untere Hälfte der Metallstreifen, während das ganze Plasma noch flüssig erschien, mehr oder weniger fest eingeklemmt; fasste ich beide zusammen und drehte sie um ihre Längsaxe, so machte der an ihnen anhaftende Klumpen die Bewegung mit; nach und nach ging nun auch der Gerinnungsvorgang, in der Richtung von unten nach oben fortschreitend, auf das Plasma über; neigte ich von Zeit zu Zeit das Gefäss, so erschien der bewegliche, flüssige Theil des Blutes von Mal zu Male geringer geworden, bis Alles feststand. Aber dieses Experiment gelang nicht immer; eine Verzögerung der Gerinnung fand zwar jedes Mal Statt, aber zuweilen gerann das Blut, nachdem es lange Zeit flüssig geblieben, so rasch in seiner ganzen Ausdehnung, dass ich mir über den Verlauf des Vorganges, auch wenn er der Beobachtung nicht entgangen war, kein sicheres Urtheil bilden konnte. Es müssen hier innere Verschiedenheiten des Blutes maassgebend sein; ein Mal, bei einem an sich langsam gerinnenden Pferdeblute habe ich sogar ganz ohne Anwendung der Kälte die Gerinnung in dieser durch die Metallstreifen bedingten Weise eintreten sehen.

Die Beobachtung, dass Pferdeblutplasma, getrennt vom Cruor, langsamer gerinnt als dieses, muss ich vollkommen bestätigen, aber ich fand die Differenz immer nur sehr gering; höchstens betrug sie 1—2 Minuten, häufig noch weniger. Wenn ich jedoch Pferdeblut durch das halbe Volum schwefelsaurer Magnesialösung flüssig erhielt, die Senkung der Blutkörperchen abwartete und nun gleiche Mengen vom filtrirten Plasma und vom ganzen Blute mit dem 2—4fachen Volum destillirten Wassers verdünnte, so gerann stets die zellenhaltige Flüssigkeit bedeutend schneller, als die zellenfreie. In letzterer blieb die Gerinnung bisweilen sogar ganz aus, bisweilen fand sie nur spurweise Statt; aber auch dort erfolgte sie meist langsam und konnte durch Zusatz frischen Blutes nach der Verdünnung bedeutend beschleunigt werden.[1])

---

1) Denis (Mémoire sur le sang, 1859, p. 31) giebt an, dass, wenn

Allein ich musste die Möglichkeit einer Täuschung auch noch nach einer anderen Rücksicht hin berücksichtigen. Es konnte der Gedanke auftauchen, dass der Unterschied in der fibrinoplastischen Energie von Blut und Serum nicht aus einer activen Betheiligung der Blutzellen am Gerinnungsvorgange zu erklären sei, insofern sie vielleicht nur mechanisch als körperliche Elemente, gewissermaassen als Krystallisationspunkte, die ohne ihre specifische Mitwirkung stattfindende Fibrinausscheidung beförderten; auch der Blutkörperchenhaufen am Boden des Gefässes konnte als ein einziger grosser Krystallisationspunkt betrachtet werden. In diesem Falle müssten jedoch auch andere indifferente, in der Flüssigkeit fein vertheilte Körper denselben Effect hervorbringen, wie die Blutkörperchen; dieses trifft keineswegs zu. Ich habe es versucht, in Gemengen fibrinöser Flüssigkeiten mit zellenfreiem Blutserum die Blutkörperchen durch fein pulverisirte, unlösliche Körper zu ersetzen, wie Kieselsäure, Schwerspath, Kohle, aber niemals ist es mir gelungen, dem Serum dadurch auch nur annähernd die Wirksamkeit des Blutes zu geben; es wird vielmehr durch die Gegenwart dieser pulverförmigen Körper gar kein bemerkbarer Unterschied bedingt. Bei concentrirten und fibrinreichen Flüssigkeiten, gegen die sich das Serum ja überhaupt als schwacher Gerinnungserreger verhält, hat man Gelegenheit, dieses recht deutlich zu sehen. Bei einer Hydroceleflüssigkeit, mit welcher ich solche Versuche anstellte, stellte sich die Gerinnung in sämmtlichen pulverförmige Körper enthaltenden Gemengen, so gut wie in dem mit Serum allein versetzten, erst nach $2^1/_2$ Stunden ein; das zu diesem Serum gehörige Blut wirkte in 4 Minuten. Liquor pericardii gerann erst nach Blutzusatz in 3 Minuten, nach Zusatz von Serum sowohl als von Serum + Kieselsäure in 25 Minuten. Der ausgeschiedene Faserstoff

---

er mit der siebenfach geringeren Menge Salzlösung flüssig erhaltenes Menschenblut später mit dem zehnfachen Volum Wasser verdünnte, die Gerinnung in 10 Minuten erfolgte. Möglich, dass es hier auf diese Mischungsverhältnisse sehr ankommt; das ändert jedoch an dem Resultate obiger Beobachtungen Nichts, da hier die Bedingungen überall die gleichen waren.

umschliesst stets alle festen Partikeln; dadurch kann leicht eine Täuschung veranlasst werden. Indem nämlich die körperlichen Elemente gewissermaassen als fester Kern eine höhere Consistenz des Coagulums, indem sie zugleich eine differente Färbung desselben bedingen und indem sie durch ihre Schwere seine Loslösung von der Gefässwandung befördern, ein Umstand, der alle zarten Fibrinausscheidungen erst deutlich sichtbar macht, gewinnt es zuweilen den Anschein, als ob hier bereits eine Gerinnung eingetreten, zu einer Zeit, wo die blos mit Serum versetzte Flüssigkeit noch keine Veränderungen eingegangen ist; betrachtet man die letztere jedoch genauer, so wird man in den meisten Fällen finden, dass sie nur scheinbar noch flüssig ist; indess will ich es dahin gestellt sein lassen, ob nicht doch bisweilen eine geringe Beschleunigung des Vorganges durch solche pulverförmige Körper bewirkt werden kann, aber es handelt sich dann immer nur um Augenblicke, und gerade deshalb ist ein sicheres Urtheil darüber nicht leicht zu gewinnen. Jedenfalls ist diese Beschleunigung eine verschwindende gegenüber der durch die Anwesenheit von Blutkörperchen in der Flüssigkeit bedingten.

Ergänzend führe ich noch zwei Beobachtungen an, von denen ich die eine an Hundechylus, die andere an Pferdechylus gemacht habe. Ich hatte zur Controle bei meinen Versuchen etwas Chylus, das eine Mal in einem Reagensgläschen, das andere Mal in einem Becherglase, bei Seite gestellt. Die Gerinnung trat so spät ein, dass die körperlichen Elemente vollkommene Zeit gewannen, sich zu senken. Als ich nach einiger Zeit die Flüssigkeiten in ein anderes Gefäss bringen wollte, fand ich ihre untere Hälfte bereits geronnen. Ich liess sie nun ruhig stehen, nach einiger Zeit war auch der obere Theil fest geworden.

Wenn es mit der Beobachtung seine Richtigkeit hat, dass Chylus und Lymphe erst nach ihrem Durchtritt durch die resp. Drüsen gerinnbar oder gerinnbarer werden, so müsste ich auch hierin eine Bestätigung meiner Anschauung über die Gerinnungsursachen sehen.

Endlich erinnere ich an die von mir bereits angeführte

Beobachtung, für welche ich freilich nur einen Fall anführen kann, dass ich die festeste Chylusgerinnung innerhalb meiner Spritze bei einem an Blutkörperchen reichen Chylus gefunden habe, bei dessen Entleerung Blutzutritt von aussen sicherlich nicht stattgefunden hatte.

Ich habe hiermit die hauptsächlichsten Gründe angegeben, auf welche ich meine Ansicht, dass alle Gerinnungsphänomene in letzter Instanz auf die zelligen Elemente, welche in den spontan gerinnenden Flüssigkeiten vorkommen, zurückzuführen sind, stütze. Die Zahl der Gründe könnte vielleicht unschwer noch vermehrt werden, ich glaube jedoch genug angeführt zu haben, um meiner Ansicht wenigstens eine grössere Beachtung zu verschaffen.

Wenn es aber einerseits die Zellen sind, von welcher der Impuls ausgeht, andererseits aber auch die absolut zellenfreie Flüssigkeit Gerinnungen zu erzeugen vermag, so kann sich der Gedanke nicht mit der Annahme einer blossen Contactwirkung und dergl. befriedigen, es muss ein materielles Etwas beiden Wirkungen zu Grunde liegen, es muss eine fibrinbildende Substanz geben, die von den Zellen ausgeht und in die Flüssigkeit übergeht.

Ist dieses richtig, so wird in Anbetracht der Blutzellen diese ihre Function abhängen müssen von der ungestörten Erfüllung sämmtlicher Bedingungen ihres normalen Seins. Da man als eine dieser Bedingungen den regen Verkehr mit der atmosphärischen Luft, die Sauerstoffaufnahme ansehen muss, so lässt sich denken, dass eine Störung in dieser Beziehung, wie sie bei entzündlichen, fieberhaften Affectionen, namentlich der Brustorgane und bei mit Athemnoth verbundenen Zuständen vorkommt, nicht ohne Folgen für die Fähigkeit der Blutzellen sein wird, die fibrinoplastische Substanz zu entwickeln; findet nun gleichzeitig eine Fibrinvermehrung in der Flüssigkeit Statt, so muss dies den Effect noch steigern. Die langsame Gerinnung des Blutes in solchen Zuständen ist bekannt. Ich habe leider nicht Gelegenheit gehabt, solches Blut zu untersuchen, aber in der Hauptsache müssen die Verhältnisse bei der Erstickung dieselben sein. Ich tödtete ein Kaninchen, in-

dem ich ihm den Kopf unter Wasser hielt, und nahm gleich nach dem Tode Blut aus der Vena jugularis. Dasselbe gerann erst in 12 Minuten, aber eine andere Portion desselben Blutes, mit etwa dem dreifach geringeren Quantum frischen Rinderblutes versetzt, gerann innerhalb einer halben Minute, also 24 Mal schneller. Wiederum lag die langsame Gerinnung nicht an einer wesentlichen Veränderung der fibrinogenen Substanz. Aber in solchem Blute findet immer eine bedeutende Kohlensäureanhäufung Statt, es ist fast schwarz davon. Um nun dieses Gases ledig zu sein, erstickte ich ein Kaninchen unter einer Glasglocke, in welcher ich die atmosphärische Luft durch Wasserstoffgas verdrängte. Unmittelbar nach dem Tode nahm ich Blut aus der Vena jugularis, es gerann im Moment des Ausfliessens; hier lag der Schluss nahe, dass die langsame Gerinnung des Blutes Erstickter nur auf Rechnung des grösseren Kohlensäuregehaltes zu setzen sei; eine so starke Einwirkung der Kohlensäure konnte ich aber nach allen meinen früheren Erfahrungen nicht annehmen. Ich sah jedoch bald, dass die langsame Gerinnung beim Blute Erstickter überhaupt nicht constant ist; vom nächsten unter Wasser erstickten Kaninchen erhielt ich gleichfalls momentan gerinnendes Blut. Was nun auch diesem verschiedenen Verhalten des Blutes Erstickter zu Grunde liegen mag, jedenfalls geht aus dem letzten Falle, da auch hier eine Kohlensäureanhäufung bis zur Schwarzfärbung des Blutes stattgefunden hatte, hervor, dass die langsame Blutgerinnung bei Erstickten, wo sie vorkommt, nicht von der Vermehrung dieses Gases allein abzuleiten sei.

10. Gerinnungswiderstände.

Das Blut, das ich etwa eine halbe Stunde nach dem Tode aus den Thieren erhielt, gerann jedes Mal viel langsamer, als das früher abgenommene. Dieser allmählig sich einstellende Verlust an spontaner Gerinnungsenergie ist wohl überhaupt die Regel bei Leichenblut, die jedoch besonders eclatant bei Erstickten hervortritt. Ebenso zeigen Brücke's Untersuchungen, dass das in lebenden unterbundenen Herzen flüssig erhaltene Blut, nach dem Herauslassen aus denselben um so lang-

samer gerinnt, je länger es ihrer Einwirkung ausgesetzt gewesen ist. Dieses machte es mir wahrscheinlich, dass die fibrinoplastische Substanz des Blutes durch die Einwirkung der lebenden Gefässwandungen nach und nach zerstört werde; es schien mir weiter denkbar, dass die gerinnungshemmenden Wirkungen der Gefässwandungen überhaupt in dieser Zerstörung beruhten; dann musste aber die Zerstörung in jedem Augenblicke eine totale sein, weil sonst der Ueberschuss zur Wirkung käme, und es musste andererseits ein, wenn auch allmählig abnehmender Wiederersatz stattfinden. Oder umgekehrt: wenn die Blutkörperchen im normalen Körper die fibrinoplastische Substanz erzeugen, so muss man sich doch vorstellen, dass sie diese Function fortwährend erfüllen; wenn dabei keine Anhäufung in's Unbegrenzte, der eine ebenso unbegrenzte Steigerung der Widerstände entsprechen müsste, stattfinden soll, so muss man entweder auf Vorrichtungen schliessen, durch welche der das Maass der normalen Widerstände übersteigende Ueberschuss zerstört wird, oder man muss annehmen, dass diese Widerstände selbst in einer stetigen Zerstörung der fibrinoplastischen Substanz in Statu nascenti bestehen. Ich versuchte es daher, diese Substanz der Einwirkung eines lebenden Schildkrötenherzens auszusetzen; zum Gelingen des Experimentes mussten aber die Quellen des Wiederersatzes abgeschnitten werden, ich musste mich also an das Serum halten; ich benutzte ganz frisches Rinderblutserum. Vom Rinderblut konnte ich keine sprechenden Resultate erwarten. Aus einem vergleichenden Versuche ersah ich, dass die fibrinoplastische Energie des Schildkrötenblutes etwa 12 Mal geringer ist, als die des Rinderblutes; muss man nun annehmen, dass Wirkungen und Gegenwirkungen in jedem Thiere unter normalen Verhältnissen einander entsprechen, so könnte auch der zerstörende Einfluss der Wandung eines Schildkrötenherzens die fibrinoplastische Energie des Rinderblutes nur wenig herabsetzen.[1]) Zudem ist es überhaupt frag-

---

1) Ein Schildkrötenherz kann denn auch nicht das Blut warmblütiger Thiere flüssig erhalten. Brücke fand das Pferdeblut in dem-

lich, ob die Zellen auch im serösen Blute die betreffende Substanz erzeugen. — Das mir zu Gebote stehende Blutserum war leider nicht ganz frei von Blutkörperchen; ich entleerte erst das Herz einer *Testudo graeca* seines Inhaltes, spülte es mit Blutserum möglichst aus, füllte es damit und unterband es; das Herz blieb im Körper, dessen Oeffnung mit dem Brustschilde wieder geschlossen wurde. Hierauf füllte ich ein Fläschchen mit demselben Blutserum und zwar, weil etwas Luft mit in's Herz gedrungen war, nur zur Hälfte, verschloss es und brachte beides in eine Temperatur, die zwischen 10° und 13° schwankte. Nach 16 Stunden pulsirte das Herz noch schwach; ich liess jetzt das Serum in ein Reagensglas abfliessen; es zeigte sich, dass es auch noch eine kleine Beimengung von Schildkrötenblut aus dem Herzen erhalten hatte. Dieses Serum hatte seine fibrinoplastische Wirksamkeit fast ganz verloren. Ich setzte gleiche, tropfenweise abgemessene Mengen sowohl von diesem als vom anderen Serum zu je 2 Ccm. verschiedener fibrinöser Flüssigkeiten; dieses geschah um 10 Uhr Vormittags. Nach 2 Stunden befanden sich in der ganzen einen Reihe von Flüssigkeiten Gerinnsel; die andere Reihe war noch am Abend ganz unverändert, erst am anderen Morgen hatten sie sich auch dort eingestellt. Eine totale Unwirksamkeit war also jedenfalls nicht eingetreten, aber es lässt sich immer denken, dass die Beimengung von Blutkörperchen die Reinheit des Resultates getrübt hatte. Ich wiederholte dasselbe Experiment nun mit Rinderblut; dasselbe war aus einem 30 Stunden alten, aber kühl gehaltenen Kuchen gepresst, also noch sehr kräftig; es rief in einer Pericardiumflüssigkeit in 2 Minuten Gerinnung hervor. Ich verfuhr genau wie beim ersten Versuch; nach 20 Stunden öffnete ich das Herz. Das Blut aus dem Fläschchen wirkte in 7 Minuten, das andere in 9, der Unterschied war also nicht gross; im Vergleich zu der Wirkung am Tage vorher zeigte sich in beiden eine ziemlich gleichmässige Schwächung.

---

selben stets nach einigen Stunden geronnen; eine geringe Verzögerung der Gerinnung kann dabei doch immer stattgefunden haben.

Manche Thatsachen würden mit der oben entwickelten Ansicht gut in Uebereinstimmung zu bringen sein. So müsste das aus dem gesunden Körper genommene Blut schnell gerinnen, weil hier die freiwerdende fibrinoplastische Einwirkung stattfände mit der ganzen Energie des normalen Lebens; das in Leichen lange flüssig bleibende und gewiss schon durch die Zustände vor dem Tode fibrinoplastisch geschwächte Blut müsste mehr und mehr an spontaner Gerinnungsenergie verlieren, weil der Wiederersatz des Zerstörten in steter Abnahme begriffen ist, die Gerinnung müsste aber auch in der Leiche endlich doch eintreten, weil die specifische Einwirkung der Zellen die Lebensthätigkeit der Gefässwandungen überdauert. — In dem Gesagten will ich übrigens nur eine Vermuthung gesehen wissen, die einer sichereren Stütze bedarf, als ihr durch zwei Experimente geboten werden kann.

In Betreff des Blutes muss ich noch hervorheben, dass ich nur mit Pferde-, Rinder- und Schweineblut operirt habe. Blut aus der Carotis eines Hundes wirkte verhältnissmässig langsam, ebenso verhielt sich gesundes, durch einen Schröpfkopf entleertes Menschenblut.

11. Die Transsudate.

Die Zahl der von mir in Bezug auf ihre Fibrinosität untersuchten Transsudate beläuft sich gegenwärtig auf 93. Es sind folgende: Hydroceleflüssigkeiten 12, Flüssigkeiten aus dem Pericardium 42, aus der Pleura 15, aus dem Peritoneum 16, aus den Hirnhöhlen 1, aus dem verhärteten Zellgewebe eines Neugebornen 1, aus Versicatorblasen 3, aus einer hygromatösen Cyste 1, aus Frostblasen 1, endlich Synovia aus einem entzündeten Kniegelenk 1. Nicht mitgezählt habe ich hier 3 sehr wässerige hydropische Transsudate, sowie 2 Gehirnflüssigkeiten, von deren Fibrinosität ich zwar überzeugt bin, wo die Ausscheidungen aber so spurweise stattfanden oder bereits stattgefunden hatten, dass dem Zweifel hier immerhin Raum gegeben werden konnte. In allen übrigen Fällen, den oben angeführten, war die fibrinöse Beschaffenheit der Flüssigkeiten

eine ganz unzweifelhafte.[1]) Unter diesen gelang es mir bei 81 durch Blutzusatz künstlich Gerinnung zu bewirken; nur in 11 Fällen (Pericardium 1, Pleura 4, Peritoneum 4, Hydrocele 1, Zellgewebsflüssigkeit 1) war dieses nicht der Fall. Hier hatten aber bereits im Körper erschöpfende, je nach dem Concentrationsgrade der Transsudate mehr oder weniger massenhafte Fibrinausscheidungen stattgefunden, sowohl in Form von faserstoffigen Beschlägen an den Wandungen, als in Form von in der Flüssigkeit schwimmenden Gerinnseln, Flocken und Flöckchen, oder es war wie bei der Hydrocele- und Zellgewebsflüssigkeit Blut bei der Entleerung aus dem Körper hinzugetreten und dadurch eine schnelle Gerinnung bewirkt worden. Auch diese Transsudate wird man also zu den ursprünglich fibrinösen zählen müssen. Die Mehrzahl dieser Ausnahmefälle betraf keineswegs fibrinarme oder überhaupt eiweissarme Flüssigkeiten, es fand sich im Gegentheil bei ihnen meist eine erhöhte Concentration, aber sie stammten aus Organen, die vor dem Tode der Sitz entzündlicher Affectionen gewesen waren. Andererseits habe ich in hydropischen Ergüssen deren Albumingehalt auf ungefähr 1% gesunken war, Fibrinausscheidungen, nicht selten ganz ohne Schwierigkeiten, zu Wege bringen können.

Sehr häufig stellten sich in den aus Leichen stammenden Flüssigkeiten beim Stehen an der Luft spontane Gerinnungen ein, gewöhnlich als Fortsetzung von bereits im Körper begonnenen Ausscheidungen, zuweilen aber auch ohne diese Vorläufer. Der Zeitpunkt ihres ersten Erscheinens ausserhalb des Körpers war grossen Schwankungen unterworfen. Früher als 1—1½ Stunden nach der Entleerung habe ich sie nicht auftreten sehen, dagegen gab es Fälle, wo die ersten Spuren erst nach Verlauf von 8—10 Tagen sichtbar wurden. In allen diesen Fällen

1) Als Ergänzung zu diesen Thatsachen führe ich an, dass Marchand, Simon und Virchow aus frischem, noch warmem Muskelfleisch eine gerinnbare Flüssigkeit erhielten. Natürlich musste dabei auch eine Blutbeimischung stattfinden, allein ich glaube nicht voreilig zu urtheilen, wenn ich einen Theil des so erhaltenen Fibrins dem das Gewebe tränkenden Plasma zuschreibe.

verlief der Ausscheidungsprocess immer sehr langsam; unterbrach ich ihn durch Filtriren, so zeigten sich im Filtrat nach einiger Zeit neue Ausscheidungen; dies konnte sich mehrmals wiederholen, hörte aber dann endlich auf, ohne dass, ausser bei grosser Armuth an organischer Substanz, die Flüssigkeit die Fähigkeit verloren hätte, bei Blutzusatz zu gerinnen. Je später die spontanen Fibrinausscheidungen auftreten, desto unbedeutender, verschwindender waren sie ihrer Menge nach, desto seltener wiederholte sich der Process nach ihrer Entfernung; in dünnen Flüssigkeiten, erschienen sie meist früher als in concentrirten.

Alle diese Erscheinungen lassen auf das Stattfinden einer sehr schwachen fibrinoplastischen Einwirkung im todten Körper schliessen; ich habe schon angedeutet, dass ich sie auf das durch die abgestorbenen Gefässwandungen dringende Blutserum beziehe. Aus den Verhältnissen in der Leiche, namentlich aus dem Aufhören des Herzdruckes, lässt sich entnehmen, dass diese Serumbeimengung immer nur eine unbedeutende sein wird, andererseits muss man schliessen, dass sie mehr oder weniger überall vorkommt; was den letzteren Punkt, die Allgemeinheit des Vorkommens anbetrifft, so habe ich allerdings so eben nur gesagt, spontane Ausscheidungen kämen in den Leichenflüssigkeiten sehr häufig vor, allein ich habe dort auch nur von ganz unzweifelhaften Gerinnseln gesprochen. Nehme ich jedoch die in den Leichenflüssigkeiten vorkommenden feinen Flöckchen und trübenden Partikelchen als Trümmer ausserordentlich zarter Gerinnsel mit in Rechnung, und ich glaube das thun zu dürfen, weil ich ganz dieselben Erscheinungen in filtrirten Flüssigkeiten durch Blut- oder Serumzusatz künstlich herbeiführen kann, so kann ich sagen, dass die spontanen Ausscheidungen von Fibrin, wenigstens spurweise, in allen Leichenflüssigkeiten vorkommen. Ganz klare Transsudate habe ich aus Cadavern nur erhalten, wenn der Faserstoff in Form eines festen, nicht zerfallenden Klumpens im Körper ausgeschieden war. Anders sind die Verhältnisse beim Lebenden; hier habe ich oft Gelegenheit gehabt, vollkommen klare, ungetrübte, fibrinöse Flüssigkeiten zu beobachten, die bis zum

Eintritt der Fäulniss von jeder Gerinnung frei bleiben; hier habe ich ferner bei Albuminreichthum der Substanzen, also namentlich bei Hydroceleflüssigkeiten gesehen, dass selbst Blut, vorausgesetzt, dass es nur in sehr geringen Spuren in der Flüssigkeit vorhanden ist, nach einigen Stunden ganz dieselben Trübungen bewirkt, wie sie in den Leichenflüssigkeiten immer vorkommen.

Auch Brücke nimmt an, dass in den serösen Höhlen fibrinhaltige Flüssigkeiten von einer anderen Zusammensetzung als die Blutflüssigkeit vorkommen, die im Körper gelöst bleiben, weil sie nicht mit der Luft in Berührung kommen[1]); er führt als Beispiel an, dass der Liquor pericardii häufig erst an der Luft gerinne; ferner weist er auf die von Virchow gesammelten Fälle hin, über welche ich mich bereits ausgesprochen habe. Aber dieser Effect der Luft ist nur ein scheinbarer, niemals habe ich eine schnell nach der Berührung mit der Luft eintretende Gerinnung bei diesen Flüssigkeiten gesehen. Wo der Liquor pericardii oder irgend ein anderes sog. seröses Transsudat an der Luft gerinnt, da wäre ganz gewiss dasselbe beim längeren Verbleiben der Flüssigkeit im Körper auch dort eingetreten; ich habe ja auch häufig genug in der Leiche die vollkommensten Gerinnsel gefunden, und gar nicht selten war, wenn sich der Gerinnungsprocess nachträglich fortsetzte, die unter dem Contact der atmosphärischen Luft auftretende Fibrinausscheidung sehr unbedeutend im Vergleich zu der, welche bereits im Körper stattgefunden hatte[2]). – Man

---

1) A. a. O. S. 177.

2) Aus dem früher über das Blut Gesagten wird hervorgehen, dass ich keineswegs der Möglichkeit einer durch den Contact mit der atmosphärischen Luft bewirkten Beschleunigung der Gerinnung dieser Flüssigkeiten entgegen bin. Einerseits liegt in meiner Ansicht ja zugleich die Annahme einer sehr schwachen fibrinoplastischen Einwirkung auf diese Transsudate, andererseits ist das Vorkommen von Kohlensäure in denselben sehr wahrscheinlich und auch von Lehmann, Vogel und Merklin angegeben worden. Ich selbst habe in ein Paar Flüssigkeiten Gasbläschen in Perlenreihen wie in einem Champagnerglase aufsteigen sehen, und alsbald eine mangelhafte Gerinnbarkeit derselben beobachtet.

hat keine Veranlassung mehr zur Erklärung dieser Erscheinungen qualitativ verschiedene Faserstoffarten anzunehmen, oder, wie es auch geschehen ist, nach den Ursachen zu forschen, durch welche Transsudate, die sich nach ihrer Entleerung als fibrinös erwiesen, im lebenden oder todten Körper flüssig erhalten wurden. Der wahre Grund dafür ist, dass es überhaupt keinen spontan gerinnenden Faserstoff giebt; die bisherige Definition fibrinöser Flüssigkeiten muss durchaus verlassen werden. Es handelt sich nur darum, zu wissen, was vorkommenden Falles zu den Transsudaten hinzugetreten ist, um sie gerinnen zu machen. Dieses äusserlich Hinzukommende ist meiner Ueberzeugung nach für die Leichenflüssigkeiten das durch die Gefässwandungen sickernde Blutserum, für die von Virchow als lymphatische Hydropen bezeichneten Ergüsse der durch die Operation selbst oder durch die Zustände im Körper bedingte Blutzutritt.

In Bezug auf den letzten Punkt erinnere ich an den früher angeführten Versuch, aus welchem hervorging, dass das Gewebe des Ductus thoracicus nicht den vom Blute ausgehenden Gerinnungsimpuls zu paralysiren vermochte; gewiss vermag dasselbe jedoch bis zu einem gewissen Grade Widerstand zu leisten, ihn also zu schwächen und dadurch die Gerinnung zu verzögern. Bei zwei erstickten Kaninchen öffnete ich bald nach dem Tode den Thorax, stach das Herz an und liess das Blut in den Herzbeutel und dessen Umgebung fliessen; es blieb hier noch einige Zeit flüssig, kleine Portionen, die ich von Zeit zu Zeit herausnahm, geronnen alle früher als der zurückbleibende Theil. Es scheint mir hieraus hervorzugehen, dass nicht blos die Gefässwandungen, sondern sämmtliche Gewebe der fibrinoplastischen Einwirkung einem an Intensität freilich sehr verschiedenen Widerstand entgegensetzen. Findet nun zu irgend einem transsudativen Erguss ein Blutzutritt Statt, wie das ja sehr leicht z. B. bei skorbutischen Zuständen vorkommen kann, so müssen die Folgen sehr von der Grösse desselben abhängen. Es kann der Fall eintreten dass die Gerinnung durch die Einwirkung der umgebenden Gewebe nur mehr oder weniger verzögert wird, es kann aber auch bei

sehr unbedeutender Blutbeimengung vorkommen, dass sie ganz behindert wird und dass die Flüssigkeit erst nach ihrer Entfernung aus dem Körper langsam gerinnt, ohne dass ein Blutzutritt bei der Operation stattgefunden zu haben braucht.

Aus den vergleichenden Versuchen ergab sich, dass die Menge und Consistenz der ausgeschiedenen Fibrinmassen zu dem Albumingehalt der Flüssigkeit in der Regel in gradem Verhältnisse stand; diese Regel kann aber nur in allgemeinem Sinne Geltung haben, der Parallelismus ist ausserdem nicht immer leicht nachzuweisen, weil man eben selten wahre Normalflüssigkeiten zu Gesichte bekommt, in welchem das ursprüngliche Verhältniss nicht bereits durch spontane Fibrinausscheidungen gestört worden ist[1]). Diese Erfahrung spricht nicht sehr für die selbstständige Präexistenz des Faserstoffes. Fasst man jedoch, abgesehen davon, ob ein isomerer flüssiger Faserstoff existirt oder nicht, in dem Gerinnungsvorgange nur das auf, was factisch geschieht, eine durch bestimmte Einwirkungen herbeigeführte Spaltung der in den fibrinösen Flüssigkeiten enthaltenen organischen Substanz in einen in Lösung bleibenden und einen unlöslichen Körper, so wird obiger Parallelismus sehr leicht verständlich; dadurch wird nicht ausgeschlossen, dass die organische Substanz krankhaft dazu disponirt werden kann, den unlöslichen Körper in grösserer oder geringerer Masse als gewöhnlich zu liefern. Concentrirte Transsudate müssen alsdann reichliche Fibrinmassen liefern, wie ich das bei ausgesprochen entzündlichen Affectionen gesehen, aber man kann nicht erwarten, dass in Flüssigkeiten, deren Gehalt an organischer Substanz überhaupt ein verschwindender ist, wie im Liquor cerebri und in vielen hydropischen

1) Es sind mir, indess 3 Fälle vorgekommen, wo concentrirte Flüssigkeiten aus der Scheidenhaut des Hodens nur sehr wenig Fibrin lieferten, ohne dass spontane Ausscheidungen nachweisbar waren; es ist aber immer denkbar, dass dieselben schon früher in der Scheidenhaut stattgefunden hatten; in zweien von diesen Fällen hatte die Hydrocele schon lange Zeit bestanden. Andere Transsudate aus Lebenden sind mir zu selten vorgekommen, als dass ich weitere Erfahrungen über diesen Punkt hätte sammeln können.

Ergüssen das feste Product dieser Spaltung anders als, im besten Falle, in blossen Spuren sichtbar wird. Dennoch kann die organische Substanz in ihrer ganzen Eigenthümlichkeit in ihnen vorhanden sein und auch eine vollkommene Gerinnung stattgefunden haben. Ich bereitete mir künstlich hydropische Flüssigkeiten, indem ich gemessene Quantitäten fibrinöser Substanzen von bekanntem Albumingehalt mit so viel destillirtem Wasser verdünnte, als zur Darstellung einer Flüssigkeit von 0,1 — 0,3 % Alb. erforderlich war. Nach Zusatz von Serum entstanden in ihnen, wenn ich für vollkommene Ruhe sorgte, äusserst unbedeutende, nur durch ihre von den Gefässwandungen sich loslösenden Contouren sichtbar werdende, aber immer noch schwach zusammenhaltende Fibrinausscheidungen, die bei einmaligem Schütteln in feine Flöckchen und staubartig in der Flüssigkeit sich vertheilende Partikelchen zerfielen; so erhielt ich genau das Bild der meisten aus Leichen stammenden hydropischen Transsudate. Es ist ferner von Bedeutung, dass wenigstens für den Anfang die Gerinnsel stets dem Volum der Flüssigkeit entsprechen, sie sind also um so zarter, um so leichter zerstörbar, je diluirter die letztere ist. Es ist ganz unmöglich, dass solche Fibrinausscheidungen, wenn sie ein Mal im Körper stattgefunden haben, nach der Entleerung der Flüssigkeiten aus demselben, anders als in ihren unbedeutenden Trümmern dem Beobachter zu Gesicht kommen können. Trotzdem kann die Fibrinosität der Flüssigkeiten dadurch ganz oder grossentheils erschöpft worden sein und so die künstliche Erzeugung von Gerinnungen in ihnen unmöglich werden. Dennoch ist es mir bei einer Gehirnflüssigkeit (ich kann leider nicht angeben, aus welcher Höhle sie stammte), die freilich dem äusseren Ansehen nach eiweissreicher erschien, als dies gewöhnlich der Fall ist, gelungen durch einige Tropfen Blutserum eine gallertartige Gerinnung herbeizuführen und aus einer filtrirten ascitischen Flüssigkeit von nur 0,2 % Alb. schied sich wenigstens ein sehr feiner Staub aus, der in einem anderen filtrirten Theile derselben Flüssigkeit nicht eintrat.

Der Menge der zu spaltenden organischen Substanz muss die Grösse des Blutzusatzes entsprechen, um in einer gegebenen

Zeit die vollständige Fibrinausscheidung herbeizuführen. Wie bei gleicher Concentration und bei gleichem Blutzusatze grössere Quantitäten langsamer gerinnen, als kleinere, so fand ich die entsprechenden Verhältnisse bei gleichen Quantitäten ungleich concentrirter Flüssigkeiten. Aber man kann hier wie dort den Unterschied ausgleichen durch eine verhältnissmässige Steigerung der fibrinoplastischen Einwirkung. Auch diese Thatsache lässt sich am Besten so feststellen, dass man die zum Versuch nöthigen Bedingungen künstlich herbeiführt. Ich engte zu dem Zwecke die zu untersuchenden Flüssigkeiten im Vacuum über Schwefelsäure auf $^2/_3$ ihres ursprünglichen Volums ein; jetzt musste ich die Menge des zuzusetzenden Blutes verdoppeln und selbst verdreifachen, um sie cet. par. ebenso schnell wie die ursprünglichen Substanzen zum Gerinnen zu bringen.[1])

Man kann also sagen, dass alle normalen fibrinösen Flüssigkeiten, wie gross auch ihr Gehalt an organischer Substanz sein mag, die gleiche Gerinnungsfähigkeit besitzen; diese Regel erleidet jedoch nach der einen Seite hin, bei steigender Verdünnung, eine Ausnahme. Man gelangt hier an eine Grenze, jenseits welcher die Gerinnung, man mag die Bedingungen dazu stellen, wie man will, nur sehr langsam von Statten geht. Bei hydropischen Transsudaten, deren Eiweissgehalt ca. $1^0/_0$ betrug, fand ich gewöhnlich, dass die Gerinnung je nach dem Grade der Dünnflüssigkeit erst nach 6, 12, 24 Stunden und noch später sich einstellte. Um zu entscheiden, ob diese Erscheinung auf den grossen Wasserreichthum zu beziehen sei, stellte ich mir durch steigende Verdünnung von je 1 Ccm. Liquor pericardii von $2^0/_0$ Alb. eine Reihe von Flüssigkeiten dar, deren absoluter Eiweissgehalt überall derselbe war, während der relative progressiv von $2^0/_0$ auf $1^0/_0$ und dann fort

---

1) Ich habe einmal Liquor pericardii im Vacuum vollkommen getrocknet, den Rückstand zu Pulver zerrieben und dasselbe in eine dem früheren Volum der Flüssigkeit entsprechende Quantität destillirten Wassers gebracht; das Pulver löste sich schnell und vollständig darin auf. Diese Lösung war ebenso gerinnungsfähig, wie die ursprüngliche Flüssigkeit.

bis auf 0,1% (mit Auslassung weniger Decimalstellen) hinabsank. Zu jeder dieser Flüssigkeiten setzte ich nun einen Tropfen Rinderblut. In allen stellte sich die Gerinnung gleichzeitig ein, obwohl es in den höheren Graden der Verdünnung einer aufmerksamen Betrachtung bedurfte, um die Gleichzeitigkeit zu constatiren; die anfangs schwer sichtbaren Ausscheidungen wurden erst nach einiger Zeit durch eintretende Verdichtung deutlicher. Aber in den höchsten Graden der Albuminarmuth, bei einem Gehalte von organischer Substanz, der sich in verschiedenen Versuchen als zwischen 0,1% und 0,3% schwankend erwies, veränderte sich die Flüssigkeit durchaus gar nicht; erst nach 6—24 Stunden konnte ich, soweit wenigstens das Auge hier zu entscheiden vermochte, die ersten Zeichen der eintretenden Gerinnung wahrnehmen. Vielleicht handelt es sich hier weniger um eine späte Ausscheidung, als um eine durch das verhältnissmässig kolossale Volum der Flüssigkeit mechanisch verzögerte Verdichtung der ausgeschiedenen Fibrinmolecüle. — Diese langsame Gerinnung zeigt sich häufig bei hydropischen Flüssigkeiten, ohne dass ihre Albuminarmuth einen so hohen Grad erreicht, als in diesen künstlich dargestellten Flüssigkeiten; es ist aber zu berücksichtigen, dass dieselben Fibrinverluste im Körper erlitten haben.

In meiner bereits angeführten Mittheilung an die Königl. Preuss. Akademie habe ich gesagt, die Schnelligkeit der Gerinnung entspreche dem Gehalt der fibrinösen Flüssigkeiten an organischer Substanz überhaupt; ich muss dieses im Sinne des eben Gesagten verbessern, nur in Rücksichtnahme auf jene Fälle grosser Dünnflüssigkeit ist jene Angabe richtig.

Fast am schwierigsten ist es, Gerinnungen in solchen Flüssigkeiten zu bewirken, welche bei grossem Albumingehalt nur sehr wenig Fibrin liefern. Künstlich führte ich solche für die Gerinnung ungünstige Verhältnisse herbei, indem ich eine leicht gerinnende und dünne Herzbeutelflüssigkeit durch Zusatz von etwas Hühnereiweiss verdichtete[1]). Es ist hier oft sehr

---

1) Bei Gelegenheit des Hühnereiweisses muss ich erwähnen, dass sich dasselbe weder wie eine seröse, noch wie eine fibrinöse Flüssig-

schwierig, zum Ziel zu gelangen. Serum- oder geringe Blutbeimengungen reichen meist nicht aus zur Ueberwindung der Gerinnungswiderstände, ein grosser Blutzusatz vermehrt die letzteren, vergrössert das Volum und macht die Flüssigkeit undurchsichtig. Bisweilen fand ich es am Besten, wenig Blut zuzusetzen und dabei eine höhere Temperatur anzuwenden, in anderen Fällen gab Blutserum bessere Resultate. Die Coagula sind immer fast flüssig, leicht zerreisslich, nirgend anhaftend, daher bei blutiger Färbung der Flüssigkeit schwer zu sehen. Neigte ich das Reagensglas, um die Flüssigkeit in der Fläche zu vertheilen, zur Horizontale, so hob sich bisweilen das Coagulum, wenn es consistent genug dazu war, etwas über das Niveau derselben empor. Sehr oft geschah das aber auch nicht, das Coagulum erstreckte sich mit der den grössten Theil der Blutkörperchen enthaltenden Flüssigkeit in die Länge, zerriss jedoch dann leicht; in solchem Falle gelang es gewöhnlich, die Existenz des Gerinnsels aus den Stücken zu ersehen, indem dieselben sich einigermaassen contrahirten und im durchfallenden Lichte bei leichten Schwenkungen des horizontal gehaltenen Glases sich in der Flüssigkeit schattenartig hin und her bewegten.

Die Fäulnisserscheinungen stellten sich um so später ein, je concentrirter die Flüssigkeiten waren. Bei einer Temperatur von 8—12° habe ich sie demgemäss nach einigen Tagen und nach mehreren Wochen auftreten sehen. Bei gleicher Concentration erhielten sich die fibrinreichen Flüssigkeiten bedeutend länger als die fibrinarmen. Dasselbe fand ich bei einer und derselben Flüssigkeit, von welcher ich einen Theil in seiner ursprünglichen Beschaffenheit gelassen hatte, während ich den anderen durch etwas Blutserum defibrinirt hatte. Die Gerinnbarkeit dauert trotz der eintretenden Fäulniss noch kurze Zeit fort, aber die Gerinnung erfolgt langsam und unvollkommen. Bei Blutzusatz verändert sich die rothe Farbe alsdann sehr

---

keit verhält. Ich operirte mit wässerigen Lösungen desselben. Weder durch diese Lösungen noch in ihnen konnte ich Gerinnungen bewirken.

schnell zu einem schmutzigen Grau; bald darauf gerinnen die Flüssigkeiten gar nicht mehr.

Bei Anstellung künstlicher Gerinnungsversuche ist es durchaus nöthig, gewisse Vorsichtsmaassregeln zu beobachten. Vor allen Dingen versichere man sich stets zuerst darüber, ob in den zur Untersuchung kommenden Flüssigkeiten nicht bereits spontane Gerinnungen stattgefunden haben. Ferner erwarte man nicht, bloss bei Anwendung von Blut jedes Mal zu einem erspriesslichen Resultat zu gelangen; in der Mehrzahl der Fälle wird man damit ausreichen und es viel bequemer finden, als das Operiren mit Blutserum. Aber es giebt Fibrinausscheidungen von so geringfügiger Beschaffenheit, dass es ganz unmöglich wird, sie in einer blutigen Flüssigkeit zu erkennen, sowohl wegen der Undurchsichtigkeit, als wegen der durch Blut bedingten heftigen Contraction des Fibrins, man bleibt mindestens in Zweifel. In solchen Fällen erhält man durch Serumzusatz die schönsten Gerinnsel, entweder in Form von klaren Gallertklumpen, die häufig erst bei Bewegungen der Flüssigkeiten, beim Uebergiessen in ein anderes Gefäss bemerkbar werden, oder in Form der früher beschriebenen einander einschliessenden Säckchen oder endlich in Form von durch die ganze Flüssigkeit sich ziehenden zusammengewebten Fäden und Flöckchen, die leicht zu einem am Boden liegenden Bausch collabiren. Bei sehr diluirten Flüssigkeiten suche man, wenn man in Reagensgläsern, also mit kleinen Mengen arbeitet, den Serumzusatz auf ein so geringes Maass als möglich zu reduciren; man hat hier immer viel eher eine zu starke, als eine zu schwache Einwirkung zu befürchten, insofern auch durch Blutserum die Ausscheidung des Fibrins in Gestalt kleiner, namentlich bei ohnedies getrübten Flüssigkeiten leicht zu übersehenden Flöckchen bewirkt werden kann. Man verdünne daher nöthigenfalls das Serum, filtrire beide Flüssigkeiten, bevor man sie zusammenbringt und bewahre einen Theil des filtrirten Transsudates zur Controlle auf; zuweilen lässt sich eine sichere Ueberzeugung über die durch das Serum bewirkte Veränderung nur durch den im durchfallenden Lichte anzustellenden Vergleich mit der ursprünglichen Flüssigkeit ge-

winnen. Das Experimentiren mit Blutserum verlangt allerdings oft viel Geduld, und man ist nicht selten in der Lage, 1—2 Tage auf das Resultat zu warten, aber man suche, da bei sehr diluirten Flüssigkeiten Alles darauf ankommt, nur eine mässige Verdichtung der ausgeschiedenen Fibrinmolecüle zu gestatten, den Process nicht durch Wärme zu befördern; in einer Temperatur von 10—14° erhielt ich in Fällen extremer Fibrinarmuth die besten Resultate. — Trotz aller dieser Regeln wird man im speciellen Falle doch oft genöthigt sein, den Versuch in der verschiedensten Weise unter möglichstem Wechsel der Gerinnungsbedingungen anzustellen; in der bei Weitem überwiegenden Zahl der Fälle wird man dann schliesslich doch zum Ziele gelangen.

Die günstigsten Objecte zu diesen Versuchen bieten unter den Leichenflüssigkeiten die des Herzbeutels dar; sie sind hinlänglich eiweissreich um immer deutliche Ausscheidungen zu liefern und lassen sich am leichtesten rein aus dem Körper gewinnen.

12. Transsudabilität des Faserstoffes.

Wenn aus diesen Erfahrungen hervorging, dass das ganze Ernährungsfluidum, sowohl das in geschlossenen Röhren cursirende, als das durch die Röhrenwandungen nach Aussen getretene, diese Eigenschaft der Gerinnbarkeit besitzt, dass aber diese Eigenschaft an und für sich nicht auch ihre Gerinnung bedingt, so kommen nun auch die Hauptgründe für die Lehre von der Intranssudabilität des Faserstoffes in Wegfall, abgesehen davon, dass diese Lehre die Hypothese von der Präexistenz eines flüssigen isomeren Faserstoffes zur Voraussetzung hat. Doch mussten auch in dieser Beziehung directe Versuche von entscheidendem Werthe sein. Ich stellte mir daher in der schon früher beschriebenen Weise künstliche Transsudate aus fibrinösen Flüssigkeiten her. Dieselben erwiesen sich alle als gerinnbar, sofern der Gehalt der Mutterflüssigkeit an organischer Substanz nicht unter eine gewisse Grenze gesunken war. Es wiederholte sich hier in Betreff der Concentration annähernd das zwischen dem Blute und dessen Transsudaten herrschende

Verhältniss. Die letzteren sind beträchtlich albumin- und fibrinärmer; da dieselben nun bei diesen künstlichen Transsudationsversuchen als Mutterflüssigkeiten dienten, so musste die durch den Transsudationsvorgang selbst neuerdings herbeigeführte Verdünnung den Fibrinnachweis in der transsudirten Flüssigkeit sehr erschweren. Man muss daher, um günstige Resultate zu erhalten, möglichst fibrinreiche Flüssigkeiten zu diesen Versuchen benutzen, man ist ferner in den meisten Fällen genöthigt, alle oben in Betreff des Nachweises der Fibrinosität diluirter Flüssigkeiten angegebenen Vorsichtsmaassregeln zu beobachten. In den Transsudaten der Nabelvenen erhielt ich deutlichere Fibrinausscheidungen, als in denen der Nabelarterien, in einzelnen Fällen waren sie nur in ersteren nachweisbar; das ist nicht ohne Bedeutung, wenn man bedenkt, dass die Transsudation im Körper hauptsächlich im Gebiete des Capillarsystemes stattfindet. Flüssigkeiten, die weniger als 2% organischer Substanz enthielten, erwiesen sich bereits als unbrauchbar zu diesen Versuchen.

Bei allen diesen Experimenten waren die Nabelgefässe vorher sorgfältig äusserlich und innerlich ausgespült worden, hatten dann einige Stunden in Wasser gelegen und wurden schliesslich, indem ich Wasser transsudiren liess, von dem das Gewebe tränkenden Serum möglichst befreit. In einem Versuche jedoch beschränkte ich mich blos auf das oberflächliche Ausspülen einer Nabelvene und liess Herzbeutelflüssigkeit durch dieselbe transsudiren. Nach 2 Stunden fand ich die ausgepresste Flüssigkeit, etwa 3 Ccm., spontan geronnen; dieses konnte, da mir etwas Aehnliches bei keinem anderen künstlichen Transsudat vorgekommen war, nur dem aus der Gefässwandung mit aufgenommenen Blutserum zugeschrieben werden. Es war also hier, trotz der ungünstigsten Bedingungen, eine fibrinöse Flüssigkeit durch die letztere getreten, ohne ihre fibrinöse Natur eingebüsst zu haben. Die weitere Vermuthung, dass hiermit zugleich alles Blutserum aus der Gefässwandung ausgewaschen worden, bestätigte sich dadurch, dass keines von den folgenden Transsudaten derselben Flüssigkeit aus demselben Gefäss eine spontane Fibrinausscheidung zeigte. Aber

das Wasser, das ich zuletzt durchtreten liess, bewirkte in allen mir zu Gebote stehenden fibrinösen Flüssigkeiten Gerinnungen, ebenso die nachfolgenden Wassertranssudate. Es zeigte sich also auch hier, dass Wasser mit grosser Leichtigkeit die fibrinoplastische Substanz aus dem Gewebe der Nabelgefässe aufzunehmen vermag, während die albuminoiden Körperflüssigkeiten dieses Vermögen gar nicht, jedenfalls nur in äusserst geringem Grade besitzen.

In Bezug auf die günstigen Resultate, welche ich mit durch schwefelsaure Magnesia flüssig erhaltenem Pferdeblutplasma bei der künstlichen Transsudation erhielt, verweise ich auf meine Mittheilung an die Königl. Akademie zu Berlin. In einer Beziehung muss ich mich jedoch wiederum verbessern; ich fand nämlich, dass solche künstliche Transsudate von Pferdeblutplasma die Fähigkeit, nach Verdünnung mit Wasser spontan zu gerinnen, absolut verloren hatten, es musste stets auch noch ein Blutzusatz hinzukommen. Wenn ich nun auch den Schluss, dass das Gerinnungsprincip nicht mit in die Transsudate übergeht, an und für sich für einen richtigen, den normalen Verhältnissen im Körper entsprechenden, halte, so will ich ihn doch nicht, wie es dort geschehen ist, auf diese Thatsache gestützt wissen, weil ich eine solche Einwirkung der jedenfalls abgestorbenen Nabelgefässwandung nicht zugestehen kann und weil die künstlichen Serumtranssudate in fibrinoplastischer Beziehung sich wohl geschwächt, aber nicht unwirksam zeigten. Jedenfalls kommt hier der durch die Transsudation bedingte innige Contact mit der atmosphärischen Luft in Betracht, es kann dazu das Verhältniss zwischen Salz und organischer Substanz sich zu einem sehr ungünstigen gestaltet haben; auch die Mutterflüssigkeiten waren ja schwer zur spontanen Gerinnung zu bringen.

Man kann gegen diese Versuche allerdings einwenden, dass sie an todten Membranen angestellt worden sind und dass die Verhältnisse im Leben doch andere sein könnten. Ich weiss freilich nicht, wie ich diesen Einwand entkräften, aber ich weiss auch nicht, wie ich ihn stichhaltig machen soll. Man hat vor allen Dingen keinen Grund mehr, ihn zu erheben, weil es nicht richtig ist, dass der transsudirte Faserstoff oder

wenigstens gewisse Arten desselben ausserhalb der Gefässbahn gerinnen müssten. Diese Anschauung basirt im Cirkel ja wiederum nur darauf, dass man den Faserstoff blos dort kannte und annahm, wo er factisch geronnen war.

Es fragte sich jedoch nun, wodurch denn in gewissen Fällen die Gerinnung der Transsudate im Körper, also namentlich die Entstehung der entzündlichen, sog. fibrinösen Exsudate bedingt sei? Die Fibrinosität der Exsudate an und für sich hat keine ontologische Bedeutung für diese Zustände, es handelt sich nur um eine von der Concentration der Flüssigkeit abhängige Vermehrung oder Verminderung des normalen Fibringehaltes; der seröse Hydrops und das entzündliche fibrinöse Exsudat sind hierin als entgegengesetzte Extreme nur graduell von einander verschieden; es fehlt ja auch nicht an Mittelgliedern. Was die Massenhaftigkeit und die Concentration der Transsudate in entzündlichen Zuständen bedingen mag, soll hier nicht erörtert werden; das was sie eigentlich charakterisirt, ist, dass sie gerinnen. Es muss also das Gerinnungsprincip in sie hineingerathen sein, und wenn man sich dafür auch verschiedene Erklärungsweisen zurechtlegen kann, so will ich doch darauf hinweisen, was mir am besten und ungezwungensten das Factum aufzuhellen scheint, auf die mit der entzündlichen Affection verbundene Extravasation des Blutes. Dieselbe findet sich vorzugsweise bei der Entzündung oberflächlicher Organe, und hier ist es auch, wo die am schnellsten gerinnenden Exsudate abgesetzt werden; ich erinnere z. B. an die croupösen und diphtheritischen Exsudate und an die Neigung des jungen, zarten, in Folge vorangegangener Entzündung neugebildeten Gewebes zu wiederholten fibrinösen Exsudationen. Wenn diese Gefässrupturen auch nicht immer die Entzündung begleiten, so ist es auch andererseits gewiss, dass es Entzündungen giebt mit „serösem" Exsudat. — Wie verschieden kann die Menge und die Qualität der abgesetzten, das gerinnende Exsudat constituirenden Flüssigkeiten sein, wie verschieden das sie aufnehmende Gewebe, wie verschieden muss demnach die Beschaffenheit und die Bedeutung des pathologischen Productes sein.

13. Versuche mit Bindegewebe.

Nach allen meinen Erfahrungen konnte ich die Frage nicht zurückdrängen: Sollte die Fähigkeit der ganzen Ernährungsflüssigkeit unter Einwirkung zelliger Elemente, in einer von der specifischen Natur der letzteren abhängigen Weise, aus dem flüssigen Zustande theilweise in den festen überzugehen, denn nicht mehr sein, als eine blosse Caprice der Natur? sollte sie nicht die Grundlage abgeben für den Aufbau der Gewebe, insofern sie die unter der Initiative der Gewebszellen stattfindende Anbildung der Intercellularsubstanz ermöglichte? Dann wäre die Gerinnung des Blutes gewissermaassen als ein Organisationsversuch desselben anzusehen und die Bildung der Gewebe als eine Art Gerinnung. Die alte Ansicht, dass der Faserstoff die eigentliche plastische Substanz sei, wäre dann richtig, freilich in einem anderen und beschränkteren Sinn. Die Zellen würden aus dem indifferenten Bildungsmaterial für die Intercellularsubstanz Das nehmen und soviel nehmen, als sie brauchten, und es in ihrer Weise und zu ihren Zwecken verarbeiten; was sie nicht zur Gewebsbildung verbrauchten, würde sich als fibrinöser Ueberschuss in den Flüssigkeiten der Körperhöhlen vorfinden.

Ich musste hier vorzüglich an das Bindegewebe denken und es musste darauf ankommen, zu ermitteln, ob nicht auch die Elemente dieses Gewebes einen coagulirenden Einfluss auf fibrinöse Substanzen ausüben. Es war natürlich nöthig, zu den bezüglichen Versuchen nur solches Bindegewebe zu benutzen, das keine Blutgefässe enthielt. Die Erfahrungen, die ich an dem durch die Wandungen von Nabelgefässen transsudirten Wasser gemacht, habe ich bereits mitgetheilt. Die nächsten Versuche stellte ich mit der Hornhaut von Kalbsaugen an. Ich schnitt zuerst das Centrum der Cornea eines noch warmen Auges aus und warf dasselbe in etwa 2 Ccm. Liquor pericardii; dieses geschah am Abend, am anderen Morgen fand ich die Flüssigkeit gallertartig geronnen; dieses Resultat wurde jedoch durch die Erfahrung beeinträchtigt, dass auch die Augenkammerflüssigkeit Gerinnung bewirkte und zwar ausnahmslos,

obgleich ich sie stets durch einen vorsichtigen Stich in die Mitte der Cornea entleerte; sie verhält sich darin ganz wie Blutserum, wirkt auch fast mit gleicher Stärke; ich habe aber nie eine spontane Gerinnung bei ihr bemerkt, noch auch künstlich in ihr bewirken können; die Coagulation müsste stets fast unmittelbar nach dem Tode eintreten und wegen der Armuth des Humor aqueus an organischer Substanz, die kaum 0,5 % beträgt, könnte der ausgeschiedene Faserstoff auch kaum sichtbar werden. Um nun diese Fehlerquelle abzuschneiden, wusch ich beim nächsten Versuch die Cornea sorgfältig mit destillirtem Wasser ab; sie wirkte wie die erste. Darauf schnitt ich das Centrum von 6 Hornhäuten aus spannte sie nach dem Abwaschen mittelst Nadeln auf Korkstücken aus und liess sie in niedriger Temperatur trocknen. Nach einigen Tagen konnte ich mit einer Feile ein mässig feines Pulver von ihnen abreiben; dieses Pulver, durch Schütteln in der Flüssigkeit vertheilt, bewirkte schneller Gerinnung, als die frische, aber ganze Cornea; ebenso verhielt sich der Wasserextract des Pulvers. Sollte nun dieses Verhalten der Cornea, das sich bei wiederholten Versuchen stets gleich blieb, auf eine jedes Mal trotz aller Vorsichtsmaassregeln stattgefundene Verunreinigung durch den Humor aqueus bezogen werden? Es konnte vielmehr die Gegenfrage aufgeworfen werden, woher die fibrinoplastische Wirksamkeit des letzteren stamme? Da der Humor aqueus eine sehr wässerige Flüssigkeit darstellt, scheint es mir möglich zu sein, dass hier etwas Aehnliches stattgefunden habe, wie bei dem die Wandungen eines Nabelgefässes durchdringenden Wasser, dass also während des Lebens oder nach dem Tode das umgebende Gewebe in Bezug auf die fibrinoplastische Substanz von der Augenflüssigkeit ausgelaugt worden sei.

Ein Versuch mit getrockneten und geraspelten Knorpelschnitten ergab ein negatives Resultat, aber es war eben nur ein Versuch und die dazu benutzte fibrinöse Flüssigkeit eine sehr ungünstige, insofern sie auch bei Blutzusatz nur schwer und sehr unvollkommen gerann; dagegen ist mir von 8 Experimenten mit der Hornhaut, die ich mit Umgehung aller mir ersichtlichen Fehlerquellen angestellt habe, kein einziges miss-

lungen. Wenn ich auch als die Hauptursache der spontanen Gerinnungen in Leichenflüssigkeiten das durchsickernde Blutserum betrachte, so glaube ich doch auch an die Möglichkeit, dass ein weiterer Impuls dazu, namentlich bei sehr wasserreichen Transsudaten, von dem umgebenden Gewebe ausgehe, sowohl durch Beimengung von Gewebsabfällen zu den Flüssigkeiten, als auch durch Extraction der Gewebe.

Ich beziehe mich ferner auf das morphologisch ähnliche Verhalten der Intercellularsubstanz des Bindegewebes und des Faserstoffes; bei beiden giebt es ein Stadium des Homogenen, dem ein Stadium des Fibrillären folgt.[1]) Wenn ich durch Zusatz einer kleinen Blutquantität eine langsame Gerinnung bewirkte und von der Flüssigkeit einen Tropfen, mit einem Deckgläschen bedeckt, unter das Mikroskop brachte, so sah ich, dass die anfangs gleichmässig vertheilten Blutkörperchen sich allmählig zu getrennten Haufen gruppirten, die nach und nach eine langausgezogene Gestalt annahmen. — Die massenhaftesten entzündlich-fibrinösen Ablagerungen sowohl, als die bedeutendsten Bindegewebs-Neubildungen und die stärksten schwieligen Verdickungen finden sich an den Wandungen derjenigen serösen Höhlen, deren flüssiger Inhalt auch unter normalen Verhältnissen die grösste Concentration, also auch den grössten Fibringehalt aufweist.[2]) Hierher gehören auch diejenigen bei Entzündungen seröser Häute auftretenden pseudo-

1) Virchow, Cellularpathologie, S. 124 sq. — Gesammelte Abhandlungen, S. 127, 137.

2) Ich lasse hier eine Reihe von Bestimmungen des Albumingehaltes der von mir untersuchten Transsudate folgen, die Herr Prof. Hoppe die Güte gehabt hat, mittelst des Polarisationsapparates auszuführen. Es sind 13 Flüssigkeiten aus dem Herzbeutel, 6 aus dem Bauchfell, 2 aus dem Brustfell und 7 aus der Scheidenhaut des Hodens; ausserdem finden sich unter der Rubrik „Hydrocele II“ noch 10 Albuminbestimmungen, die Herr Prof. Hoppe bereits früher ausgeführt und die er mir zur Benutzung bereitwilligst überlassen hat.

100 Theile dieser Flüssigkeiten enthielten an organischer Substanz:

membranösen Schichten, die nach **Rokitanski**[1]) in dem Auswachsen des Bindegewebssubstrates bestehen und von welchen **Virchow**[2]) sagt, dass das Exsudat nicht selten so continuirlich mit dem Bindegewebe zusammenhänge, dass es vollständig den Eindruck mache, als sei dasselbe eben nur umgewandelte Intercellularsubstanz des Bindegewebes.

Pleura
1,6 (Hydroth.)
4,2 (Pleuritis)
Mittelzahl: 2,9

Periton.
1,4
1,3
1,4
0,2 (allg. Hydr.)
1,6
2,0
Mittelzahl: 1,3

Pericard.
1,4
1,9
1,2
1,0
3,4
2,6
2,0
0,7 (Allg. Hydr.)
1,3
4,0 (Typhus)
3,0
2,0
2,3
Mittelzahl: 2,0

Hydrocele I	Hydrocele II
5,5	6,1
5,2	6,2
5,2	4,4
5,9	6,5
5,6	5,9
4,7	7,6
4,2	4,4
Mittelz.: 5,2	6,8
	6,3
	5,0
	Mittelzahl: 5,9

Die beiden Bestimmungen des Liquor pleuriticus habe ich nur deshalb hier aufgenommen, weil sie zwei in Bezug auf ihre Concentration einander entgegengesetzte Extreme betreffen und man gerade deshalb von der Mittelzahl annehmen kann, dass sie das normale Verhalten annähernd richtig angiebt. Dass unter den Transsudaten der Rumpfhöhlen die der Pleura den bedeutendsten Eiweissgehalt besitzen, hat übrigens auch C. Schmidt gefunden (Charakteristik der epidemischen Cholera, S. 146). In den hydropischen Transsudaten des Leichnams eines Säufers fand Lehmann (Lehrb. der phys. Chemie, Bd. II, S. 309) aus der Pleura 1,852% Alb., aus dem Herzbeutel 1,064, aus dem Peritoneum 1,044. In Betreff der Cerebrospinalflüssigkeiten geht aus den Angaben von Hoppe (Archiv f. path. Anat., Bd. XVI, S. 391), von Schmidt (a. a. O.) und von Lehmann (a. a. O.) hervor, dass ihr Eiweissgehalt selten 0,5% erreicht; aus der Zusammenstellung dieser Angaben, die im Ganzen 15 Fälle betreffen, resultirt als Mittelzahl 0,3.

Es lässt sich hinsichtlich des Eiweissgehaltes der sogen. serösen Transsudate folgende Reihenfolge in aufsteigender Ordnung feststellen: Hirnhöhlen, Bauchfell, Herzbeutel, Brustfell und Scheidenhaut des Hodens.

1) **Rokitanski**, Pathol. Anatomie, Bd. I, 1855, S. 141.

2) **Virchow**, Gesammelte Abhandlungen, S. 137.

Diese letztere Auffassung über das Zustandekommen einer entzündlichen Exsudatschicht steht nicht in Einklang mit der früher hierüber ausgesprochenen Ansicht. Allein es scheint mir nicht, dass die eine die andere ausschliesst; es kann ja beides vorkommen und vielleicht beides zusammen. Auf den Werth und die Bedeutung des pathologischen Productes scheint es mir hierbei anzukommen; giebt es nicht exsudative Processe, die blos mit einer Steigerung der Gewebsbildung einhergehen, und giebt es nicht Pseudomembranen, croupöse Ablagerungen und diphtheritische Schorfe? Stellt sich nicht bei längerem Aufenthalte hydropischer Ansammlungen mit der allmählig eintretenden Inspissation der Flüssigkeiten in der Regel eine Induration der Theile, eine Massenzunahme des Bindegewebes ein und zwar am häufigsten bei den ohnedies concentrirteren (lymphatischen) Hydropen? Entwickelt sich nicht aus länger dauernden Oedemen, namentlich bei Complication mit entzündlichen Störungen zuletzt die Elephantiasis? [1]) — Auch aus der Entwickelungsgeschichte der Geschwülste liesse sich manches hierher Gehörige anführen.

Der Arzt ist so häufig in der Lage, reizende Einspritzungen zu machen, um durch Herbeiführung einer plastischen Entzündung dem Recidiv krankhafter Transsudationen vorzubeugen; aber die Flüssigkeit, die er entleert, ist, wenigstens in vielen Fällen, der schönste plastische Stoff, den er sich wünschen kann. Sollte es nun nicht des Versuches werth sein, in geeigneten Fällen das zu benutzen, was die Natur darbietet und Injectionen von Blut zu machen?

Jeder wird es leicht sehen und ich läugne es auch nicht, dass ich mit vorgefassten Meinungen an diese Arbeit gegangen bin. Man kann annehmen, dass ich nach Objectivität gestrebt, soweit es mir möglich gewesen, um der Gefahr zu entgehen, solchen Meinungen zu Liebe die Thatsachen zu zwingen. Es ist aber immer schwer, sich selbst zu verlassen, und es mag Vieles in diese Arbeit gedrungen sein, was nur mir angehört und nicht der Sache; dieses wird ja von selbst zusammenfallen.

---

1) Virchow, Handb. d. sp. Pathol. u. Ther. Bd. I, S. 218.

Wenn aber die Grundthatsachen in der Wissenschaft Aufnahme finden sollten und ich darin die Gewissheit erhielte, nicht umsonst für sie gestrebt zu haben, so wird es mir an Lust und Liebe nicht fehlen, das Begonnene fortzuführen.

Zum Schluss statte ich Herrn Prof. Hoppe meinen herzlichsten Dank ab für die freundliche Theilnahme, den Rath und die Unterstützung, welche ich im Laufe dieser Untersuchungen bei ihm gefunden. Möge Herr Prof. Hoppe glauben, dass dieser Dank Nichts mit der Convenienz zu thun hat.

Nachtrag.

Da ich mir die fibrinoplastische Substanz aus dem Inneren der Zellen stammend dachte, so musste der nächste Versuch bezwecken, das Verhalten des isolirten Zelleninhaltes selbst zu fibrinösen Flüssigkeiten zu bestimmen. Bekanntlich kann man den Zelleninhalt des Blutes wenigstens annähernd rein gewinnen, indem man ihn in die Krystallform überführt; Meerschweinchenblut eignete sich zu diesen Versuchen am besten, weil zur Darstellung von Krystallen aus demselben ein Zusatz von Alkohol oder Aether nicht nöthig ist. Ich setzte zu frischem, eben geronnenem Meerschweinchenblut etwa das gleiche Volum Wasser, wusch das Coagulum in dem letzteren möglichst vollständig aus und presste dann die Flüssigkeit durch ein Leinwandfilter. Nachdem ich einen Theil des gewässerten Blutes bei Seite gestellt hatte, leitete ich durch den Rest nach der bekannten Methode erst Sauerstoff, eine Stunde lang, und dann Kohlensäure. Sehr schnell bei der Behandlung mit Kohlensäure stellte sich die durch die Krystallausscheidung bedingte ziegelrothe Färbung der Flüssigkeit ein. Nach ein Paar Stunden hatte sich ein bedeutendes Krystallsediment abgesetzt; ich hob mit einer Pipette einen Theil der oben stehenden Flüssigkeit ab und filtrirte sie, dasselbe geschah mit dem bei Seite gestellten, nicht krystallisirten Blute. Beide Filtrate wurden nun zu Hydroceleflüssigkeit von 6,2 % Alb. gesetzt, aber es liess sich kein Unterschied in der Wirkung wahrneh-

men; die Gerinnung trat in beiden Flüssigkeiten gleichzeitig ein und zwar ziemlich schnell, nach etwa 5 Minuten; danach schien es, dass die fibrinoplastische Energie des Blutes nicht von Hämatokrystallin abhange; allein es kam in Betracht, dass ich an einem sehr trüben, wolkigen Tage die Krystallausscheidung herbeigeführt hatte; nach Lehmann's Erfahrungen erhält man aber unter Einwirkung des hellen Sonnenlichtes oft doppelt so viel Krystallsubstanz, und selbst mehr noch, als bei bedecktem Himmel.[1]) Ich konnte also annehmen, dass ein grosser Theil des Hämatokrystallins in Lösung geblieben war; zudem wirkt das Meerschweinchenblut überhaupt mit grosser Rapidität, schneller noch als Rinderblut, und ich hatte, des Erfolges zu gewiss, nicht die Vorsicht beobachtet, das Blut in kleinen Quantitäten zuzusetzen; so verwischten sich die Unterschiede. Durch dreimaliges Schlemmen mit Wasser suchte ich nun die Serumbestandtheile sowohl als die Blutkörperchenhüllen von den Krystallen möglichst zu entfernen. Darauf brachte ich die zum vierten Male mit Wasser angerührte Masse auf ein Filter; nachdem auf demselben das Volum der Flüssigkeit etwa um die Hälfte kleiner geworden war, mischte ich sie zu 1 Theil mit zwei Theilen Hydroceleflüssigkeit; die Gerinnung erfolgte in weniger als einer Minute, schneller als sie durch frisches und ungewässertes Meerschweinchenblut herbeigeführt wurde; das klare, dunkelrothe, keinerlei körperliche Elemente enthaltende Filtrat wirkte erst nach Verlauf von 2 Stunden; dasselbe enthielt jedenfalls noch Spuren von dem ursprünglich in Lösung gebliebenen Hämatokrystallin, ausserdem besitzt das Wasser ein geringes Lösungsvermögen für die Krystalle des Meerschweinchenblutes. Ich brachte einen Tropfen des Filterrückstandes unter das Mikroskop; derselbe enthielt Blutkrystalle in kolossaler Menge, ausserdem nur sehr vereinzelte Haufen zusammengebackener Zellenrudimente. Mischte ich auf einem Objectträger Hydroceleflüssigkeit mit Blutkrystallen zu-

---

1) Lehmann, Mittheilungen über die krystallisirbare Proteinsubstanz des Blutes. Berichte über die Verhandlungen der Königlich Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. Mathematisch-physische Classe. Jahrg. 1853, S. 101.

sammen und brachte dieselbe schnell unter das Mikroskop, so sah ich die Krystalle sich in kürzester Zeit vollkommen auflösen, während gleichzeitig die Gerinnung eintrat. Die Krystalle bleiben hierbei einige Zeit ganz unverändert, dann gerathen sie plötzlich in eine vibrirende und rotirende Bewegung, werden dabei schnell kleiner und kleiner, zerfallen in kleine Körnchen und schwinden endlich ganz. Der ganze Vorgang währte höchstens 2—4 Minuten; indem ich die Spitze einer Nadel von Zeit zu Zeit in die unter dem Deckglase hervorquellende Flüssigkeit tauchte, konnte ich ziemlich genau den Zeitpunkt wahrnehmen, wo die Gerinnung eintrat; wenn die Menge der zugesetzten Blutkrystalle nicht zu gering dazu war, so setzte sich ihre Auflösung noch fort, nachdem bereits das Coagulum unter dem Deckgläschen sich gebildet hatte, d. h. also, die Blutkrystalle lösen sich auch im Serum. Bei reichlicher Beimengung von Blutkrystallen wurden zwar die Krystalle kleiner, schwanden aber nicht ganz, es blieb ein Ueberschuss ungelöst. Genau wie in fibrinösen Flüssigkeiten verhalten sich die Blutkrystalle auch im Blutserum. Da die in gewässertem Blute ausgeschiedenen Krystalle sich in concentrirten albuminoiden Flüssigkeiten wieder auflösen, so geht hervor, dass das Wässern des Blutes nicht blos deshalb für die Darstellung der Blutkrystalle nothwendig ist, weil dadurch die endosmotischen Strömungen zwischen Blutzellen und Intercellularflüssigkeit verändert und ein massenhafter Uebertritt des Blutzelleninhaltes in die letztere herbeigeführt wird, sondern dass zugleich das zugesetzte Wasser auch bei der Ausscheidung des im Serum gelösten Hämatokrystallins eine Rolle spielt; ferner wird wahrscheinlich bei der gebräuchlichen Methode der Blutkrystalldarstellung nicht alles Hämatokrystallin ausgeschieden, indem ein Theil desselben durch das Serumalbumin wohl immer in Lösung erhalten bleibt; dafür spricht auch die im Folgenden anzuführende Beobachtung: Nachdem ich 2 Theile Hydroceleflüssigkeit durch 1 Theil obigen Filterrückstandes zum Gerinnen gebracht, presste ich das Coagulum aus; die durch Filtriren von den Fibrintrümmern befreite Flüssigkeit, die nur noch sehr vereinzelte, unaufgelöste Krystalle

enthielt, verhielt sich in hohem Grade fibrinoplastisch; sie stellte also ein künstliches Serum dar, nur dass ihre Wirksamkeit bedeutend grösser war, als ich sie je bei irgend einem Blutserum beobachtet. Ich verdünnte sie mit etwas mehr als dem gleichen Volum Wasser und behandelte sie dann mit Sauerstoff und Kohlensäure; die Flüssigkeit trübte sich nur sehr wenig dabei. Nach 14 Stunden fand ich ein ganz weisses Sediment am Boden des Gefässes. Ich hob die Flüssigkeit bis nahe zur Grenze des Sedimentes ab und filtrirte sie; den Rest, also zugleich die ganze Masse des Sedimentes, setzte ich zu dem doppelten Quantum Hydroceleflüssigkeit. Die durch das Sediment bedingte Trübung schwand sehr bald und die Gerinnung erfolgte in 7 Minuten. Die von dem Sedimente abgehobene und filtrirte Flüssigkeit besass fast gar keine Wirksamkeit mehr, erst nach Verlauf von 26 Stunden hatte sie leichte flockige und wolkige Ausscheidungen herbeigeführt. Hier war also in eine Flüssigkeit, die ursprünglich das Gerinnungsprincip nicht in sich trug, dasselbe künstlich in Gestalt von Blutkrystallen hineingebracht und ebenso künstlich wieder ausgeschieden worden. Zugleich zeigte sich auch, dass trotz sehr lange andauernder Behandlung mit Sauerstoff und Kohlensäure doch keine ganz vollkommene Ausscheidung herbeigeführt werden konnte. Ich muss erwähnen, dass das weisse Sediment unter dem Mikroskop sich als aus amorphen farblosen Körnern und unregelmässigen, länglichen Plättchen bestehend erwies.

Ich stellte mir nach Lehmann's Angabe eine reine Lösung von Hämatokrystallin dar, die weder durch salpetersaures Silberoxyd noch durch Quecksilberchlorid noch durch Zinnchlorür gefällt wurde, und trocknete dieselbe im Vacuum über Schwefelsäure. Den Rückstand zerrieb ich zu Pulver und setzte eine Federmesserspitze voll davon zu ca. 3 Ccm. Hydroceleflüssigkeit; das Pulver löste sich vollkommen auf und die Gerinnung erfolgte in 5 Minuten. Auch hier hängt es von der Menge des zugesetzten Pulvers ab, ob die Lösung vollständig ist, oder ob ein Theil ungelöst bleibt. Das durch Verdunstung aus der wässerigen Lösung gewonnene amorphe Hämatokry-

stallin löst sich aber nicht so schnell in concentrirteren, albuminoiden Flüssigkeiten auf, wie die Hämatokrystallinkrystalle, daher auch die langsamere Wirkung.

Hiernach halte ich es für erwiesen, dass die fibrinoplastische Substanz aus dem Inneren der Zellen selbst stammt. Für das Blut ist es das Hämatokrystallin, oder sofern dasselbe ein zusammengesetzter Körper ist, ein Bestandtheil desselben, welches auf chemischem Wege eine Fibrinausscheidung bewirkt; die Gerinnung stellt sich dar als die Folge des endosmotischen Verkehrs zwischen Zelleninhalt und Intercellularflüssigkeit. Um so mehr glaube ich in den schnellen Wandelungen, denen die Bestandtheile der cursirenden Säfte unterworfen sind, den Grund für das Nichtgerinnen im Körper sehen zu müssen. — Lehmann giebt an, dass, wenn er feingeschnittenen Blutkuchen von Meerschweinchen mehrfach mit dem gleichen Volum Wasser angerührt und ausgewaschen hatte, er auch aus den letzten Auswascheflüssigkeiten die schönsten Krystalle erhalten konnte und dass daher die Gegenwart von Serum ohne Einfluss auf die Bildung der Krystalle sei; ich habe bei früheren Versuchen Pferdespeckhaut bis zur vollkommenen Weisse ausgewaschen und dieselbe dann zu wiederholten Malen mit Wasser extrahirt. Hier konnte nicht wohl von Serumbeimengung die Rede sein, aber die farblosen Wasserextracte bewirkten stets Gerinnungen; auch hier wird die Wirkung auf die in der Speckhaut eingeschlossenen Zellen zu beziehen sein, deren Inhalt durch Einwirkung des Wassers, wie beim gewässerten Blute, frei nach aussen getreten war. Ebenso verhält es sich wohl auch mit der Thatsache, dass der Wasserextract der Hornhaut und der Nabelgefässwandung so leicht Gerinnung zu erzeugen vermag; wenn aber der Inhalt der Bindegewebszellen ein fibrinoplastisches Vermögen besitzt und wir uns andererseits die Zellen bei der Gewebsbildung durch Endo- und Exosmose wirkend denken müssen, so liegt der Gedanke nahe, dass Fibrinausscheidung und Anbildung der Intercellularsubstanz im Wesentlichen ein und derselbe Process ist.

Ob die organische Substanz fibrinöser Flüssigkeiten einfacher oder zusammengesetzter Natur ist, wage ich nicht zu

entscheiden, aber das scheint mir sicher zu sein, dass die wahren serösen Flüssigkeiten, weil jedes Serum Gerinnung zu bewirken vermag, ausser dem Serumalbumin auch noch Beimengungen einer anderen, aus den Zellen stammenden Proteinsubstanz in Lösung besitzen. Wenn man durch successives Auswaschen von Blutkrystallen auf einem Filter alle Serumbestandtheile mehr und mehr entfernt, so bleibt die Wirksamkeit des Filterrückstandes dabei immer die gleiche, so lange als die Krystalle selbst nicht in Lösung übergehen, wozu sehr grosse Quantitäten Wasser nöthig sind, nach Lehmann 597 Theile Wasser auf 1 Theil trockener Krystallsubstanz vom Meerschweinchen.

Nach meinen neuesten Erfahrungen vermag auch der Mundspeichel Gerinnung zu erzeugen; es scheint, dass diese Wirkung von den schleimigen Bestandtheilen des Speichels herrührt; auch die Synovia, in welcher ich in einem Falle, wo sie aus einem entzündeten Gelenke stammte, eine schwache Gerinnung herbeiführen konnte, verhielt sich in allen übrigen Fällen wie Blutserum. Der Humor aqueus, den ich aus Rindsaugen 24 Stunden nach der Tödtung erhielt, war niemals wässerig wie die ganz frische Flüssigkeit, sondern stets schleimig, fadenziehend geworden; solches Augenwasser wirkte schneller als das wässerige.

Ich habe es dahingestellt sein lassen, ob fremde Körper den Gerinnungsvorgang mechanisch zu beschleunigen vermögen; diese Versuche müssten, um ein sicheres Resultat zu geben, mit reinem, blutkörperchenfreiem Serum angestellt werden. Das haben mir jedoch wiederholte Versuche gelehrt, dass bei Gegenwart von Blutkörperchen in einer fibrinösen Flüssigkeit die fibrinoplastische Einwirkung durch fremde Körper gesteigert wird. Die Bedingungen zum Gelingen des Experimentes sind: Das Blut muss frisch sein, die Gerinnung muss langsam verlaufen und das Resultat des Processes ein deutliches sein, man muss also kleine Quantitäten Blutes zu einer concentrirten und fibrinreichen Flüssigkeit setzen. Ich benutzte eine Hydroceleflüssigkeit von 6,4% Alb. und setzte zu 3—4 Ccm. derselben einige Tropfen Blut; als fremden Körper wandte ich

pulverisirte Kohle an, sie darf jedoch nicht zu fein pulverisirt sein, weil sie sich dann zu Klumpen zusammenballt und sich nicht in der Flüssigkeit vertheilen lässt. Während es bei verschiedenen Versuchen durchschnittlich 25—30 Min. dauerte, ehe die Gerinnung eintrat, fand bei denjenigen Flüssigkeiten, welchen Kohle zugesetzt war, stets eine Beschleunigung des Vorganges um 3—6 Minuten Statt. Dieser Unterschied ist allerdings nicht gross, aber wenn es hierbei auf die Gegenwart von Blutkörperchen in der Flüssigkeit ankommt, so ist zu berücksichtigen, dass ich aus anderen Gründen genöthigt war, nur sehr wenig Blutkörperchen zuzusetzen.

Neurologische Studien

von

Professor Dr. E. Reissner in Dorpat.

II. Ueber den Nervus oculomotorius des Menschen.

(Hierzu Taf. XVII.)

Die Erhärtung von Theilen des Nervensystemes durch Chromsäurelösungen ist nicht allein für die Histologie der Centralorgane des cerebrospinalen Systemes von Wichtigkeit, sondern vermag auch bei der Erforschung der Structur und Textur der peripherischen Nerven wesentliche Dienste zu leisten. In letzterer Beziehung ist im Ganzen bis jetzt nur wenig geschehen, und doch scheint es, als wenn auch hier zahlreiche Früchte der Ernte harren. Bei der überaus grossen Thätigkeit, welche gegenwärtig in der Mikroskopie herrscht, werden gewiss schon einige Belege hierfür, die ich in dem begonnenen und den folgenden Capiteln zu geben beabsichtige, genügen, um auch für diesen Zweig der Forschung eine allgemeinere Theilnahme zu erregen.

Unsere bisherige Kenntniss von der Histologie des Nervus

oculomotorius besteht nach dem, was ich ermitteln konnte, in Folgendem. Rosenthal, der wohl zuerst Querschnitte erhärteter Nerven mikroskopisch untersucht hat, sagt über den Nervus oculomotorius des Rindes[1]: „Priusquam autem de fibrillarum, quas enumeravi, copia referam, notare mihi liceat, dispersa inter singulas fibrillas, sed prope se jacentia, me invenisse corpuscula ovalia, numero XIX, magnitudine $^1/_{160}$—$^1/_{90}$ L. V.“[2], „colore denique flavido. De natura horum corpusculorum, quae initio vascula, nervum nostrum penetrantia, habere volui, dubius, secundum consilium Ill. Purkinje, cui praeparatum ostendi, sectiones peregi longitudinales, quibus nobis persuasimus, ista corpuscula indolis esse gangliosae, quod eo magis mirandum est, quum ganglia ceteroquin nonnisi in nervis sensitivis in conspectum veniant, nervo autem oculomotorio, ab omnibus fere physiologis functiones tantum motoriae adscribantur.“ Ferner sagt er: „Deinde etiam aliis in praeparatis ejusdem nervi et aliorum animalium et hominis ejusdem inveni ganglia, quorum tamen ambitus minorem praebuit diametrum, nempe $^1/_{190}$—$^1/_{129}$ L. V.“[3] — „Fibrillae hujus nervi primitivae aequali fere semper ambitu se ostendebant, in homine 0,0050—60‴, in ove 0,0070—76‴, in bove 0,0066—80‴“[4], „nunquam autem observare potui fibrillas tenues, quod congruit cum plurimorum de hujus nervi functionibus sententia.“ Ueber den Nervus oculomotorius des Schaafes sagt Rosenthal: „fibrilla singula majorem ostendebat ambitum.“ Rosenthal fand demnach im Nervus oculomotorius des Menschen, des Rindes und des Schaafes Nervenfasern von nahezu gleichem, bedeutendem Durchmesser und Nervenzellen. Mit beiden An-

---

1) De numero atque mensura microscopica fibrillarum elementarium systematis cerebro-spinalis symbolae. Vratislaviae, 1845, p. 13.

2) Setzt man 1 Wiener Fuss = 316,102 mm., so ist $^1/_{160}$ Wiener Linie = 0,0137 mm. und $^1/_{90}$ W. L. = 0,0244 mm.

3) $^1/_{190}$ W. L. = 0,0116 mm, $^1/_{129}$ W. L. = 0,0170 mm.

4) 0,0050 Wien. Linien = 0,0110 mm., 0,0060 W. L. = 0,0132 mm., 0,0070 W. L. = 0,0154 mm., 0,0076 W. L. = 0,0167 mm., 0,0066 W, L. = 0,0145 mm., 0,0080 W. L. = 0,0176 mm. nach A. Hannover's Tableau micrométrique.

gaben stehen Bidder's und Volkmann's Untersuchungen im Widerspruch. Bidder und Volkmann theilen nämlich Folgendes mit: [1])

„III. Beobachtungen an der Katze.

Nervus oculomotorius: kleinste, grösste, mittlere Dimensionen animaler Fasern:

0,00044, 0,00080, 0,00055“ [2])

„kleinste, grösste, mittlere Dimensionen sympathischer Fasern:

0,00016, 0,00022, 0,00019?“ [3])

„nicht vorkommende Dimensionen:

0,00023—0,00043“ [4])

„VI. Beobachtungen am Hecht.

Nervus oculomotorius: kleinste, grösste, mittlere Dimensionen animaler Fasern:

0,00033, 0,00110, 0,00060*)“ [5])

„kleinste, grösste, mittlere Dimensionen sympathischer Fasern:

0,00018, 0,00028, 0,00022“ [6])

„nicht vorkommende Dimensionen:

0,00029—0,00032“ [7])

„*) Die Fasern, welche sich in grösster Menge fanden, schwankten zwischen 0,00050 und 0,00070.“ [8]) An einer anderen Stelle heisst es: „I. Die Nerven, welche sich in willkürlichen Muskeln ausbreiten, enthalten überaus wenige

1) Die Selbstständigkeit des sympathischen Nervensystems durch anatomische Untersuchungen nachgewiesen. Leipzig, 1842. S. 23. 24. Die Messungen sind nach dem Pariser Zoll angestellt. In den folgenden Anmerkungen ist 1 P. Z. = 27,0699 mm. gesetzt.

2) 0,00044 Pariser Zoll = 0,0119 mm., 0,00080 P. Z. = 0,0217 mm., 0,00055 P. Z. = 0,0149 mm.

3) 0,00016 Pariser Zoll = 0,0043 mm., 0,00022 P. Z. = 0,0060 mm., 0,00019 P. Z. = 0,0051 mm.

4) 0,00023 Pariser Zoll = 0,0062 mm , 0,00043 P. Z. = 0,0119 mm.

5) 0,00033 Pariser Zoll = 0,0089 mm., 0,00110 P. Z. = 0,0298 mm., 0,00060 P. Z. = 0,0162 mm.

6) 0,00018 Pariser Zoll = 0,0049 mm., 0,00028 P. Z. = 0,0076 mm., 0,00022 P. Z. = 0,0060 mm.

7) 0,00029 Pariser Zoll = 0,0079 mm., 0,00032 P. Z. = 0,0087 mm.

8) 0,00050 Pariser Zoll = 0,0135 mm., 0,00070 P. Z. = 0,0189 mm.

dünne Fasern, im Durchschnitt gegen 10 pCt. — Von diesem Gesetz ist uns in allen 4 Classen der Wirbelthiere nie eine Ausnahme vorgekommen,"[1]) Bidder und Volkmann haben nicht Querschnitte von Nerven untersucht, sondern ihre Messungen an zerfaserten Nerven vorgenommen. — Ueber den zweiten Punkt sagt Bidder:[2]) „Bei Durchmusterung des Oculomotorius vom Kalbe, Hund und der Katze im frischen Zustande, wobei namentlich das in der Schädelhöhle liegende Stück dieses Nerven Schritt vor Schritt bearbeitet wurde, habe ich trotz dem lebhaftesten Verlangen, Ganglienkugeln anzutreffen, nie letztere finden können." — Henle bemerkt: „in den Augenmuskelnerven dagegen kommen fast nur stärkere Fasern vor."[3]) — Hiermit scheinen auch die Beobachtungen erschöpft zu sein; fragt man aber, ob sie eine kritische Würdigung erfahren haben und im Lauf der Jahre nach der einen oder der anderen Seite als gesicherte Thatsachen in die Wissenschaft aufgenommen sind, so kann die Antwort keine bejahende sein. Bei Ludwig z. B. liest man:[3]) „Beim Menschen führt der Nervenstamm 15000 und zwar nur breite Röhren." Zu dieser Angabe hat, wie auch aus der beigefügten Anmerkung geschlossen werden darf, Rosenthal allein Beachtung gefunden; Bidder's und Volkmann's Mittheilungen haben dagegen, wahrscheinlich weil sie nicht im Speciellen den N. oculomotorius des Menschen erörtern, ganz und gar keine Berücksichtigung erfahren, obgleich die oben angeführten Zahlen wohl dazu hätten auffordern sollen; aber auch Henle's Bemerkung, die sich doch auf den Menschen bezieht und durch die unzweifelhaft gesagt wird, dass auch feinere Fasern in den Augenmuskelnerven nicht ganz fehlen, ist nicht weiter beachtet worden. Doch Ludwig hat ja nur ein Handbuch der Physiologie und nicht eines der Histologie geschrieben; man sollte

---

1) A. a. O. S. 66.

2) Zur Lehre von dem Verhältniss der Ganglienkörper zu den Nervenfasern. Leipzig, 1847. S. 32, Anmerk.

3) Allgemeine Anatomie. Leipzig, 1841. S. 617.

4) Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Zweite, neu bearbeitete Auflage. Leipzig und Heidelberg, 1858. S. 192.

aber erwarten, in den neueren histologischen Handbüchern genauere Aufschlüsse zu erhalten. Die einzige, auf unseren Gegenstand bezügliche Stelle finde ich bei Kölliker in den Worten: [1]) „Die motorischen Kopfnerven, das III., IV., VI., VII. und XII. Paar, verhalten sich sowohl in Bezug auf die Wurzeln als auch auf den Verlauf und die Ausbreitung, ganz wie die motorischen Wurzeln und Muskelzweige der Rückenmarksnerven, mit der einzigen Ausnahme, dass allen diesen Nerven durch Anastomosen mit sensiblen Nerven etwelche sensible Fasern für die Muskeln zugeführt werden. Berücksichtigung verdient 1) dass nach Rosenthal und Purkyne im Stamm des Oculomotorius des Rindes Ganglienkugeln vorkommen, welche jedoch Bidder (p. 32) nicht finden konnte.“ Wenngleich es hiernach scheinen könnte, als seien die „motorischen Kopfnerven“ oder wenigstens ihre Wurzeln in histologischer Hinsicht bekannt, so ist dies doch eben nicht viel mehr als blos Schein. Uebrigens bemerkt Rosenthal, wie aus der mitgetheilten Stelle ersichtlich ist, ausdrücklich, dass er Nervenzellen nicht blos beim Rinde, sondern auch bei anderen Thieren und beim Menschen im N. oculomotorius gefunden habe. —

Ich gehe jetzt zur Mittheilung meiner Beobachtungen über. Durchschneidet man den Nervus oculomotorius des Menschen, nachdem er in Chromsäure erhärtet worden ist, in einer Entfernung von 10—15 mm. von dem Gehirn, so zeigt die Durchschnittsfläche eine kreisförmige oder länglichrunde Begrenzung; in letzterem Falle differiren rechtwinklig sich schneidende Durchmesser nur wenig; näher dem Gehirn ist der Nerv stärker abgeplattet. Die Nervenscheide, Vagina nervi, wird an dem Theil des Nerven, welcher hier allein in Betracht gezogen werden soll, blos von der Pia mater[2]) gebildet. Von der Ner-

---

2) Mikroskopische Anatomie oder Gewebelehre des Menschen. Zweiter Band, erste Hälfte. Leipzig, 1850. S. 519. — Handbuch der Gewebelehre des Menschen. Dritte Auflage. Leipzig, 1859. S. 335.

1) Ich halte die Trennung der allgemeinen Hülle des Gehirnes und Rückenmarkes in zwei Häute, die Pia mater und Arachnoidea, nicht für nothwendig.

venscheide gehen nach innen membranöse Scheidewände in nicht eben bedeutender Zahl ab, welche den Nerven in einige rundliche oder prismatische Bündel zerspalten; die Scheidewände sind im Allgemeinen, ausser wenn sie Gefässe führen, sehr dünn, so dass durch sie in das Innere des Nerven selbst nur wenig Bindegewebe geführt wird. Blutgefässe sieht man in Querschnitten des Nerven meist nur im Durchschnitt und zwar gewöhnlich an solchen Stellen, an denen zwei oder mehrere Scheidewände zusammentreffen, bisweilen aber auch mitten in einem Nervenfaserbündel, viel seltener in ihrer Längsausdehnung; sie verlaufen daher überwiegend der Länge des Nerven nach. — Die Nervenscheide, sowie deren in den Nerven hineindringenden Fortsätze und die Blutgefässwandungen werden von Carmin intensiv roth gefärbt.

Die querdurchschnittenen Nervenfasern lassen an erhärteten, durch Carmin gefärbten und durch Terpentinöl geklärten Präparaten die roth gefärbte Primitivscheide, welche ich der Uebereinstimmung mit dem Sarkolemna wegen Neurilemna nenne, den meist ebenso gefärbteu Axencylinder und zwischen beiden das in der Regel farblos bleibende, durchsichtige Nervenmark erkennen. Die Nervenfasern zeigen theils einen mehr oder weniger kreisförmigen, theils einen regel- oder unregelmässig vieleckigen Umfang und liegen an den meisten Stellen so dicht, dass ihre Primitivscheiden unmittelbar an einander stossen; an anderen Stellen trifft man aber bisweilen auch eine geringe Menge einer Ausfüllungsmasse zwischen ihnen, besonders wenn mehrere Nervenfasern gegen einen Punkt hin sich zusammendrängen. Die Ausfüllungsmasse ist gewöhnlich etwas lichter gefärbt als die Primitivscheiden. Ausserdem findet man zwischen den Nervenfasern zahlreiche, ganz besonders dunkelroth gefärbte und meist granulirt erscheinende Kerne von kreisförmigem oder länglichrundem Umfange. Sie zeigen an Querschnitten des Nerven eine Länge von 0,005—0,007 mm. und eine Breite von 0,0025—0,005 mm., an Längsschnitten eine Länge von 0,005—0,015 mm. und eine Breite von 0,004—0,010 mm. An manchen Stellen sind sie reichlicher, an anderen spärlicher vorhanden (Fig. 1. 2, a) — In dem Nervenmark oder

der Markscheide sieht man, besonders an Durchschnitten dicker Nervenfasern, concentrische Abschnitte von Kreislinien oder spirale Linien (Fig. 3), deren schon Lister und Turner[1]) Erwähnung gethan haben und die ohne Zweifel auch von Stilling[2]) und Jacubowitsch bemerkt worden sind. Lister[3]) glaubte die scheinbar faserige Beschaffenheit des Nervenmarkes, welche an Querschnitten eben jene Linien bedingen sollte, von einer baumartig verästelten Anhäufung nadelförmiger Fett- oder Margarinkrystalle, welche bei der Erhärtung entstünden, herleiten zu müssen. Stilling[4]) dagegen behauptet, das Nervenmark bestehe aus theils quer-, theils der Länge nach verlaufenden „Fasern oder Röhrchen", welche „das ölige Nervenfluidum in sich enthalten" und durch welche eine Verbindung des Axencylinders mit der Hülle zu Stande komme. Jacubowitsch endlich hat die Ansicht aufgestellt[5]), dass die Axencylinder spirale Bindegewebshüllen besitzen, deren Zwischenräume von Nervenmark erfüllt seien und die von benachbarten Nervenfasern mit einander zusammenhängen. Kölliker giebt nun die Erklärung ab[6]), „dass er nicht im Stande war, die Ueberzeugung zu gewinnen, dass die von Stilling gemeinten und abgebildeten Theile röhrige Elemente seien" und sagt weiter: „Ueberhaupt muss ich für einmal selbst gegen das Vorkommen

---

1) Some observations on the structure of Nerve-Fibres. Quarterly Journal of Microscopical science: including the transactions of the Microscopical society of London; edited by Edwin Lankester, M. D., F. R. S, F. L. S., and George Busk, F. R. C. S. E., F. R. S., F. L. S., No. XXIX, October 1859. London, 1859. — Journal of Microscopical science, p. 31.; Pl. II, Fig. 4. 6. 7.

2) Atlas mikroskopisch-anatomischer Abbildungen zu den neuen Untersuchungen über den Bau des Rückenmarks. Frankfurt a. M. 1856. Taf. XXIV, Fig. 14—21, 35.

3) Supplementary observations. A. a. O. p. 33.

4) Ueber den Bau der Nervenprimitivfaser und der Nervenzelle. Beiträge zur Natur- und Heilkunde. Heft I.: Anatomische und mikroskopische Untersuchungen über den feineren Bau der Nervenprimitivfaser und der Nervenzelle. Frankfurt a. M., 1856. S. 6, 9.

5) Kölliker, Handbuch der Gewebelehre. Dritte Aufl. S. 276.

6) Handbuch der Gewebelehre. Dritte Auflage. S. 277.

der fraglichen Bildungen als Theile der normalen Nervenfasern und Zellen mich aussprechen, ohne hiermit weiteren Untersuchungen den Weg abschneiden zu wollen. Jacubowitsch's Annahmen anlangend, so richten sich dieselben von selbst und scheint es mir nicht nöthig, weiter bei denselben zu verweilen." Hiergegen habe ich nur zu bemerken, dass Jacubowitsch für seine Deutung ebensowohl, als Lister und Stilling, eine an sich richtige Beobachtung zur Grundlage gehabt haben mag und dass Kölliker diese selbst unberücksichtigt gelassen hat. Uebrigens hat bereits Clarke[1]) Lister's und Stilling's Ansichten als irrthümlich erkannt, indem er die Entscheidung abgiebt: „The appearances from which they" (die scheinbaren Fasern der Markscheide) „have been inferred resulting solely from corrugations, ridges or folds produced in the white substance by the action of the chromic acid."

Wenn man die querdurchschnittenen Axencylinder genauer betrachtet, so erkennt man bald, dass sie nur selten eine kreisförmige Begrenzung zeigen, häufiger nehmen sie sich sternförmig aus (Fig. 3). Es mag dieses verschiedene Aussehen theils von der Erhärtung abhängig, theils blos scheinbar sein. — Die Axencylinder entsprechen in ihrer Dicke keineswegs immer dem Durchmesser der Nervenfasern; bisweilen sind sie überaus fein in recht starken oder auch in feineren Nervenfasern und dann meist ungefärbt, stark lichtbrechend und glänzend. A priori wird man die Möglichkeit nicht in Abrede stellen wollen, dass auch die Dicke der Axencylinder durch die Chromsäure bedeutende Veränderungen erleiden könne. Soweit Messungen des Durchmessers der Axencylinder überhaupt mit Sicherheit angestellt werden können, haben sich mir folgende Grössen ergeben: 0,0012—0,005 mm.

Querschnitte des Nervus oculomotorius zeigen ganz unzweifelhaft, dass seine Fasern durchaus nicht, wie Rosenthal und nach ihm Ludwig behaupten, alle von nahezu gleicher und bedeutender Stärke sind; die dicken Fasern herrschen zwar

1) Quarterly Journal of Microscopical science, No. XXX. January 1860. London 1860. Journal of Microscopical science. S. 69.

entschieden vor, aber es finden sich auch feinere und sehr feine in nicht geringer Anzahl (Fig. 1. 2). Die feinen Fasern liegen meist in Gruppen beisammen, namentlich an der Peripherie des Nerven und in deren Nähe, seltener an verschiedenen Stellen im Inneren, ebenso selten einzeln. Die dicksten Fasern haben Durchmesser von 0,02—0,025 mm., die feinsten von 0,0025—0,0075 mm. Es soll jedoch hiermit nicht gesagt sein, dass zwischen den dicken und feinen Fasern keine Uebergänge vorkommen; es finden sich vielmehr wohl Mittelgrössen; derartige Fasern treten, wenn auch überhaupt nicht spärlich, doch meist vereinzelt, sowohl zwischen den dicken, als zwischen den feinen, wenn diese Gruppen bilden, auf. Die Unterscheidung von zwei Arten von Nervenfasern, wie sie Bidder und Volkmann durchzuführen versucht haben, lässt sich nach der Dicke der Fasern allein am Nervus oculomotorius des Menschen gewiss nicht demonstriren; auf das Bestimmteste muss ich vielmehr behaupten, dass die Mittelgrössen in diesem Nerven so häufig sind, dass einigermaassen sichere Grenzen zwischen starken und feinen Fasern nicht gezogen werden können. Dennoch erscheint das bündelweise Zusammenliegen der meisten feinen Fasern auffallend und der Beachtung werth.

Bei den Untersuchungen an Querschnitten des Nervus oculomotorius fiel es mir unangenehm auf, dass ich trotz aller Mühe nicht dahin gelangen konnte, ein Präparat herzustellen, in dem blos querdurchschnittene Nervenfasern sich sehen liessen; vielmehr fanden sich immer auch solche, welche kürzere oder längere Strecken in der Schnittfläche verliefen. In Uebereinstimmung hiermit zeigten Längsschnitte des Nerven theils vereinzelte, theils bündelweise zusammenliegende, querdurchschnittene Nervenfasern (Fig. 4). Ausserdem überzeugt man sich auch an Längsschnitten, dass die Nervenfasern überhaupt keinen vollkommenen Parallelismus einhalten, sondern überwiegend verschiedene schräge Richtungen verfolgen. Ohne Zweifel wird dieses zum Theil, aber wohl nicht ganz daraus erklärt werden können, dass der Nerv beim Durchschneiden im frischen Zustande sich etwas contrahirt hat. — An der Länge nach vorliegenden Nervenfasern beobachtet man

zahlreiche quere, glänzende Linien, die entweder von dem Neurilemna oder dem Axencylinder oder von beiden ausgehen und bisweilen ein lockeres Netzwerk bilden (Fig. 4,a); ich betrachte sie alle als aus der Einwirkung der Chromsäure und des Terpentinöls hervorgegangen. Der Axencylinder erscheint auch hier nicht selten, trotz der Behandlung mit Carmin, ganz ungefärbt, glänzend, stark lichtbrechend, ist oft mit querabgehenden Aesten versehen und mitunter kaum wahrnehmbar.

An Nervenfasern, die durch Zerlegen des Nerven vermittelst feiner Nadeln isolirt worden sind, fällt vor Allem auf, dass alle in ihren Primitivscheiden spindelförmige oder länglichrunde, durch Carmin dunkelroth gefärbte Kerne (Fig. 5) besitzen. An manchen Fasern, wie es mir schien, namentlich an dicken, sind sie spärlicher, an anderen, besonders feinen (aa), reichlicher vorhanden; an keiner, in einer längeren Strecke isolirten Faser fehlen sie. Es sind diese Kerne, in denen hin und wieder auch ein Kernkörperchen auftritt, offenbar dieselben, welche ich schon bei der Beschreibung des Querschnittes erwähnt habe. Solche Kerne sind nun zwar auch von anderen Forschern und namentlich schon von Schwann[1]) an den Primitivscheiden der Nervenfasern beobachtet, aber doch noch nicht als ein allgemeiner Charakter der Nervenfasern überhaupt angesehen worden, wofür ich sie nach zahlreichen Beobachtungen an verschiedenen Nerven des Menschen und mehrerer Wirbelthiere halten muss. Wenn Kölliker[2]) angiebt, dass „bei manchen Nervenröhren an der Innenseite der structurlosen Scheide Zellenkerne“ liegen, so muss ich dagegen anführen, dass mir häufig Fasern vorkamen, von deren Scheide die Kerne sich theilweise abgelöst hatten (b), ohne dass dadurch die Continuität der Scheide unterbrochen war; diese Kerne konnten also nicht an der Innenseite der Scheide gelegen haben. Auch Schwann glaubte, dass die Kerne an der Innenseite der Scheide oder, wie er sich ausdrückte, „an der inneren Fläche der Zel-

1) Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen. Berlin, 1839. S. 175. Taf. IV, Fig. 9: c, d.

2) A. a. O. S. 274.

lenmembran" der Nervenfaser liegen. Durch den Nachweis des constanten Vorkommens von Kernen in der Primitivscheide der Nervenfasern wird die Uebereinstimmung mit dem Sarkolemma der quergestreiften Muskelfasern vollständig. — Die Beobachtung, dass feine Nervenfasern in der Regel zahlreichere Kerne besitzen, ist vielleicht weiterer Beachtung werth.

Wie oben angeführt, fanden Purkinje und Rosenthal im Nervus oculomotorius Nervenzellen, während Bidder sie nicht nachweisen konnte. Ich habe nun allerdings auch Nervenzellen angetroffen, aber doch im Ganzen sehr selten. Unter fünf und zwanzig Längsschnitten einer 10 mm. langen Wurzel konnte ich nur an vieren je eine Nervenzelle auffinden. Drei derselben hatten eine kugelige oder länglichrunde Gestalt und liessen keine Fortsätze erkennen; eine dagegen, von dreieckiger Form, zeigte wenigstens fünf deutliche Fortsätze (Fig. 4b). Bidder und Reichert haben meine Präparate gesehen und keinen Anstand genommen, die eben erwähnten Gebilde für Nervenzellen anzuerkennen; die ganz naturgetreue Abbildung einer derselben wird übrigens ebenfalls jeden etwaigen Zweifel beseitigen. — Die Breite der Zellen beträgt 0,028—0,032 mm., ihre Länge 0,028—0,044 mm.; der Durchmesser des Kernes 0,008—0,014 mm., der des Kernkörperchens 0,003—0,0038 mm. Die Zellen waren durch Carmin lebhaft roth gefärbt, der Kern stärker und das Kernkörperchen am stärksten. Verbindungen der Zellenfortsätze mit Nervenfasern konnten nicht nachgegewiesen werden.

Erklärung der Abbildungen.

Alle Figuren sind nach Präparaten gezeichnet, welche nach der im ersten Capitel meiner neurologischen Studien mitgetheilten Methode von dem Nervus oculomotorius des Menschen hergestellt waren.

Fig. 1. Ein Theil eines Querschnittes, in dem die breiten Nervenfasern überwiegen.

Fig. 2. Ein Theil eines Querschnittes, in dem die schmalen Nervenfasern gruppenweise zwischen den breiten liegen. a ein Bindegewebskörperchen oder Kern; b ein querdurchschnittenes Blutgefäss.

Fig. 3. Ein Theil eines Querschnittes, in dem das verschiedene Aussehen der querdurchschnittenen Axencylinder und der Marksubstanz darzustellen versucht ist.

Fig. 4. Ein Theil eines Längsschnittes, hauptsächlich aus der Länge nach verlaufenden Nervenfasern bestehend. Zwischen diesen eine kleine und eine grössere Gruppe querdurchschnittener Nervenfasern. a eine longitudinale Nervenfaser, in der das häufig sich darbietende Aussehen des Axencylinders u. der Marksubstanz dargestellt ist, b eine grosse Nervenzelle mit fünf oder vielleicht gar sechs Fortsätzen.

Fig. 5. Isolirte Nervenfasern. aa feine Nervenfasern mit zahlreicheren Kernen; b ein zum Theil vom Neurilemma abgelöster Kern.

III. Ueber den Nervus trochlearis des Menschen.

Rosenthal sagt von diesem Nerven[1]): „Fibrillas tantum majoris ambitus videre potui, in homine $^1/_{170}$—$^1/_{140}$''', in ove“ (soll wohl heissen: in bove) „$^1/_{150}$—$^1/_{130}$''' et in ove $^1/_{150}$—$^1/_{120}$'''“[2]); Bidder und Volkmann[3]): „beim Kalbe ferner enthielt der Nervus patheticus Fasern von 0,00034—0,00056'', in der Mehrzahl von 0,00045'' Dicke, und sympathische Fasern von 0,00015—0,00022''“[4]); Ludwig[5]): „Der Stamm führt breite Röhren.“ Es sind also die Angaben der genannten Autoren im Allgemeinen dieselben wie über den N. oculomotorius.

In der Darlegung meiner Untersuchungen des N. trochlearis werde ich von allen den Verhältnissen absehen, welche mit dem N. oculomotorius übereinstimmen und die jeder Histolog ohne Weiteres als auch für den N. trochlearis gültig erkennen wird. Besonders hervorgehoben zu werden verdient Folgendes: Eine Zertheilung des auf dem Querschnitt von länglichrundem oder eiförmigem Umfange erscheinenden Nerven in einzelne Bündel durch von aussen eindringende Bindegewebsfortsätze findet nicht Statt; es treten solche Fortsätze wohl hin und wieder auf, aber sie sind nur partiell und verbinden sich nicht

---

1) A. a. O. p. 14.

2) $^1/_{170}$ W. L. = 0,0129 mm.; $^1/_{140}$ W. L. = 0,0157 mm.; $^1/_{150}$ W. L. = 0,0146 mm.; $^1/_{120}$ W. L. = 0,0183 mm.

3) A. a. O. S. 54.

4) 0,00034 P. Z. = 0,0092 mm.; 0,00056 P. Z. = 0,0152 mm.; 0,00045 P. Z. = 0,0122 mm.; 0,00015 P. Z. = 0,0041 mm.; 0,00022 P. Z. = 0,0060 mm.

5) A. a. O. S. 193.

unter einander zur völligen Abgrenzung von Bündeln. Blutgefässe und Bindegewebskörperchen sind verhältnissmässig ebenso häufig in diesem Nerven als in dem N. oculomotorius vorhanden. Die dicksten Nervenfasern haben einen Durchmesser von 0,024 mm.; die feinen, wenigstens 0,003—0,004 mm. im Durchmesser betragenden treten vereinzelt oder zu zweien, seltener, etwa nur in vier bis fünf Stellen, in Gruppen von 6—10 Fasern auf. — Nervenzellen habe ich nicht gefunden.

IV. Ueber den Nervus abducens des Menschen.

Rosenthal bemerkt über diesen Nerv[1]): „Quibus“ (dem über die Function des Nerven Gesagten) „quoque respondit qualitas singularum ejus fibrillarum primitivarum, quas in omnibus a me observatis hujus nervi praeparatis ambitus inveni sat magni, aequalis et quidem in homine diametri 0,0050—0,0074‴, in bove 0,0064—80‴, in ove 0,0064—80‴“[2]). Bei Bidder und Volkmann fand ich keine Angabe über die Breite der Fasern des N. abducens. Ludwig sagt[3]): „Der Stamm enthält 2000—2500 breite Röhren.“

Der N. abducens erscheint auch in grösserer Entfernung vom Gehirn, d. h. immer noch bevor er die Dura mater erreicht hat, abgeplattet und wird durch von aussen eindringende Fortsätze von Bindegewebe in mehrere Bündel zerspalten. Seine Fasern finde ich in geringer Menge etwas stärker als die des N. trochlearis und des N. oculomotorius, nämlich bis zu 0,028 mm. im Durchmesser; feine Fasern von 0,007—0,008 mm. im Durchmesser sind häufig, aber nirgend gruppirt, sondern allenthalben zerstreut; nicht weniger häufig treten Fasern auf, welche in der Breite Uebergänge zwischen den genannten Grössen darstellen. Fasern von 0,004 mm. im Durchmesser kommen überaus selten vor, noch feinere, wie sie in den bei-

---

1) A. a. O. p. 16.

2) 0,0050 W. L. = 0,0110 mm.; 0,0074 W. L. = 0,0163 mm.; 0,0064 W. L. = 0,0141 mm.; 0,0080 W. L. = 0,0176 mm.

3) A. a. O. S. 193.

den anderen Augenmuskelnerven angetroffen wurden, habe ich vermisst. Nervenzellen fehlen.

Wie oben mitgetheilt ist, beträgt nach Rosenthal für den Menschen die Breite der Fasern des N. oculomotorius 0,0110 —0,0132 mm., des N. trochlearis 0,0123—0,0157 mm., des N. abducens 0,0110—0,0163 mm. Da diese Angaben hinter den höchsten von mir gefundenen Maassen (0,020—0,028 mm.) beträchtlich zurückbleiben, nämlich um 0,0037—0,0170 mm., und da Rosenthal in Betreff der Nervenzellen des N. oculomotorius des Menschen (0,0116—0,0170 mm.) ebenfalls bedeutend von mir (0,028—0,044 mm.) abweicht, so musste ich wohl an eine Prüfung meiner Maassbestimmungen denken, und wählte zu dem Zwecke die gefärbten Körperchen eines dünn auf dem Objectträger aufgestrichenen, rasch getrockneten Tropfens meines Blutes; sie gaben einen Durchmesser von 0,0066 —0,008 mm. Kölliker führt an[1]), dass „als allgemeine mittlere Grösse die genauesten Untersucher Harting (Recherch. micrométr.) nach Messungen frischer Blutkörperchen 0,0033''' ($^1/_{300}$''') Breite“ — „und Schmidt in Folge der Bestimmung getrockneter Blutkügelchen 0,0035''' Breite angeben, während nach dem ersteren die mittlere Breite bei verschiedenen Individuen 0,0028—0,0036''', nach Schmidt 0,0032—0,0035''' beträgt, mit welchen Zahlen auch die der andern bessern Beobachter im Wesentlichen übereinstimmen.“ Da nun 0,0033''' = 0,0075 mm. (H.), 0,0035''' = 0,0079 mm. (Sch.), 0,0028''' = 0,0063 mm., 0,0036''' = 0,0082 mm. (H.), 0,0032''' = 0,0073 mm. (Sch.) betragen und nach Schmidt die Werthe überhaupt zwischen 0,0073—0,0079 mm., nach Harting zwischen 0,0063—0,0082 mm. schwanken, so darf ich mein Mikrometer und meine Messungen für nahezu richtig ansehen.

---

1) Handbuch der Gewebelehre. Dritte Auflage. S. 598.

Notiz über einen theilweise doppelten Centralkanal im Rückenmark des Menschen.

Von

Dr. Johann Wagner in Dorpat.

(Hierzu Taf. XVII B.)

In der Absicht, durch eigene Anschauung zu einem bestimmten Grad von Ueberzeugung über den Verlauf der Nervenwurzelfasern innerhalb des Rückenmarkes zu kommen, untersuchte ich den Dorsaltheil eines menschlichen Rückenmarkes, doch zog ein seltsames Verhalten des Centralkanals alsbald die ganze Aufmerksamkeit auf sich.

Das untersuchte Rückenmark stammte von einem Menschen her, von dessen Antecedentien im Leben leider Nichts in Erfahrung gebracht werden konnte. In Chromsäure erhärtet, darauf mit Carmin imbibirt, alsdann in Spiritus einige Zeit aufbewahrt, wurden feine Querschnitte desselben durch Terpentinöl aufgeklärt und in Canadabalsam allendlich conservirt. Der verschiedene Grad in der Färbung durch das Carmin, den die das Rückenmark zusammensetzenden Bestandtheile eingehen, bot ein treffliches Hülfsmittel für die Untersuchung des Centralkanals und seiner Umgebung dar. Am stärksten gefärbt erwiesen sich die Nervenzellen, stärkere Bindegewebsstränge, die von der Pia mater in das Rückenmark dringen, die Wandungen stärkerer Gefässe, die Axencylinder der Nerven und das Epithelium des Centralkanals, bei welchem der Kern am tiefsten geröthet erscheint, während die Zellmembran und der Zelleninhalt nicht diese Intensität der Färbung darbieten. Gerade die tiefere dunkle Tinction des Epitheliums gegenüber derjenigen, der den Centralkanal umgebenden Massen leistete eine

wesentliche Unterstützung zur Unterscheidung desselben in der Umgebung. Beachtenswerth ist es, dass die Blutkörperchen, die in den Gefässen sich zeigen, durch das Carmin gar nicht verändert waren, sondern ihre gelbliche Tinction vollständig beibehalten hatten. Eine besondere Reihenfolge in der Intensität der Färbung jedoch, wie sie Goll[1]) aufstellt, konnte ich nicht bemerken.

Der Centralkanal erscheint auf Querschnitten (vgl. Fgg.) bald einfach, bald doppelt, bald sieht man nur noch eine Andeutung von einem Lumen, bald verschwindet er gänzlich. Der Einwirkung der Chromsäure auf das Rückenmark sind diese verschiedenen Veränderungen nicht zuzuschreiben, da aufeinander folgende Schnitte schon ein anderes Bild aufweisen, es aber durchaus nicht plausibel erscheint, dass die Chromsäure in so nahe gelegenen Punkten immer anders eingewirkt haben soll.

Vor allen Dingen fällt es sofort in's Auge, dass die Lage des Centralkanals keine normale ist. Er liegt nämlich nicht in der Axe des Rückenmarks, die vom Sulcus longitudinalis anterior zur Fissura longitudinalis posterior geht, sondern $^1/_2$—1 Par. Linie nach links (unter dem Mikroskop also nach rechts), und zwar mit seinem rechten Rande, so dass die Mitte des Lumens noch um ein Weniges mehr abweicht. Diese grössere oder geringere Verschiebung hängt ab von Veränderungen der Umgebung, die später erörtert werden sollen. Es ist aber nicht zu verschweigen, dass bei diesem Rückenmarke auch der Sulcus longitudinalis anterior zumeist verschoben ist. Weniger ist dies der Fall mit der Fissura longitudinalis posterior, die ich daher zur Bestimmung der Abweichung gebrauchte. In Bezug auf die Lage des Kanals zur Queraxe des Rückenmarks bemerkte ich keine Abweichung,

Wo der Centralkanal wirklich einfach ist, nicht aber durch Verschwinden des einen Lumens des doppelten Kanals entstanden, zeigt er meist eine querovale Form, indem der Breitendurchmesser denjenigen von vorn nach hinten bei Weitem

1) Beiträge zur feineren Anatomie des menschlichen Rückenmarks. 1860. S. 6.

übertrifft. Von dieser Form ausgehend, kommen die verschiedenen Modificationen vor. Der hintere Rand wird geradlinig (Fig. 1), oder mehr oder weniger concav; bald ist der eine Theil des Randes mehr nach vorn gedrängt, dort das Lumen verengert, so dass es eine flaschenförmige Gestalt annimmt; bald geht der hintere Rand in der Mitte in eine Spitze aus, indem die Seitentheile desselben stark eingebuchtet sind, dann tritt eine herzartige Form des Kanals vor, bald ist das Lumen nur noch eine feine querverlaufende Spalte (Fig. 6); endlich findet er sich von verschoben rhombischer Form oder ganz unregelmässig gebildet. Der vordere Rand variirt nicht in gleichem Maassstabe, vielmehr bleibt er zumeist einfach bogenförmig. Je schmäler der Durchmesser von vorn nach hinten wird, desto breiter der Querdurchmesser.

Bei doppeltem Centralkanal (Fig. 2) sind die Lumen meist schön rund, seltener schwach queroval. Verschwindet nun eines dieser Lumen, so tritt ein einfach runder Kanal dem Auge entgegen; dieser aber entspricht nicht dem ursprünglich einfachen, wie solches aus der Reihenfolge der Schnitte hervorgeht, wo das eine Lumen immer kleiner wird, ehe es gänzlich schwindet; es spricht ferner hierfür die Stellung der Epithelien und die Grössenverhältnisse des Lumens.

Das Lumen des einfachen querovalen Centralkanals ist umgeben von einem vollständigen Epithelkranz, welcher ohne Unterbrechung es umgiebt. Wo der Kanal Formveränderungen eingeht, findet sich stets diese Continuität aufgehoben; an beiden Seitenenden des Kanals (Fig. 1. 6) ist der Kranz unterbrochen; wo er rhombisch ist, sind es die beiden Seitenwinkel, an denen die Zellen sich von einander getrennt haben. Es macht den Eindruck, als ob einem Drucke in der Richtung von vorn nach hinten die Adhäsion der Epithelialzellen an einander nicht mehr Widerstand leisten konnte und daher an den beiden Enden die Zellen von einander gerissen wurden, sowie ein in einer Richtung zusammengedrückter Reifen an den dem stärksten Druck ausgesetzten Stellen platzt. In einzelnen Präparaten war ein Theil des Epithelialkranzes losgelöst und lag dann frei im Lumen, oder es fehlte ein Theil desselben gänzlich; ich glaube

dies meist der Einwirkung des Messers zuschreiben zu müssen. Bisweilen erscheint es allerdings, als ob die das Epithelium umgebende Masse in das Lumen des Kanals hineinwucherte und die Epithelialauskleidung an diesen Stellen lostrennte. — Viel interessanter ist das Verhalten des Epithels bei doppeltem Centralkanal; auch hier umgiebt es sauber und nett die Lumen vollständig, geht aber noch über dieselben hinaus, indem in der Mitte der äusseren Seite jedes Lumens noch Epithelialzellen (F) sich zeigen, die an einander gedrängt, in die Substanz der Umgebung eingebettet liegen; vom vorderen, inneren Theile eines Lumens geht das Epithelium bogenförmig zu dem entsprechenden Theile des andern; an der hinteren Partie des Lumen ist dies nicht so der Fall. Das Bild (Fig. 2), welches man so erhält, gleicht vollständig dem einer Brille, wo die beiden Lumen den Gläsern, die Epithelbekleidung der Einfassung, der vordere Bogen dem Nasenbogen, die an der äusseren Seite liegenden Zellen den Klammern, an welchen die Brillenstangen befestigt sind, entsprechen. Nicht immer sind aber beide Lumen so wohl begrenzt, bisweilen findet sich nach innen zu der Kranz nicht vollkommen abgeschlossen.

Sind jene die Lumen verbindenden und über sie hinausgehenden Zellen nun wirkliche Epithelialzellen? Es ist das unbedingt zu bejahen. Man erkennt in vielen Fällen noch die ganzen Zellen in ihrer cylindrischen Form mit dem granulirten Kerne ganz deutlich; gewöhnlich ist nur der Kern deutlich hervortretend, die Zellenmembran dagegen nicht mehr zu unterscheiden. Die Continuität ferner, in der sie mit den Cylinderzellen, welche die Lumen umgeben, stehen, ist ein weiterer Beweis dafür. Wie schon früher bemerkt, ist es die dunkle Färbung der Epithelzellen, namentlich der Kerne derselben, welche uns hier ein gutes Mittel in die Hand giebt, sie, selbst in ihren Rudimenten in die umgebende Substanz eingelagert, noch zu erkennen. Den sichersten Beweis liefern aber aufeinander folgende Schnitte, in denen ein Lumen sich mehr und mehr verkleinert und endlich ganz schwindet, dann zeigt auf der anderen Seite das Lumen des zweiten Kanals auf derselben nur noch einen Haufen dunkel gefärbter Zellen, an denen bis-

weilen noch in einer Partie sich eine kreisförmige Stellung zeigt (Fig. 3Z). Ein gleiches Verhalten hat Prof. Reissner am Cervicaltheil desselben Rückenmarks beobachtet. Schwinden beide Kanäle, so sieht man nur eine spindelförmige, dunkel gefärbte Insel (Fig. 4) aus der helleren Umgebung sich hervorheben, in der man noch zuerst leicht die Epithelialkerne erkennt, bald aber auch diese nicht mehr genau begrenzt findet; dann zeigt sich nur eben noch eine dunkel gefärbte Masse in der Umgebung, die endlich auch vollständig schwindet. Auf ähnliche Weise verändert sich der ursprünglich einfache, querovale Kanal; er wird mehr und mehr von vorn nach hinten verschmälert, während die Breitendimension zunimmt, so dass das Lumen zuletzt einen schmalen, querverlaufenden Spalt zwischen beiden Epithelialzellenreihen bildet (Fig. 6); letztere vereinigen sich dann; man sieht beide Reihen ganz an einander liegen. Weitere Schnitte von dieser Stelle aus zeigen bald keine Andeutung mehr davon.

Einen eben so wichtigen Beweis, dass die beiden Kanäle aus dem einfachen Kanal hervorgegangen sind, liefern die Grössenverhältnisse. Der einfache Kanal variirt in der Dimension von vorn nach hinten, von einer eben sichtbaren Linie zwischen den zwei Epitheliumreihen bis zu 0,16 mm., zumeist schwankend zwischen 0,05 — 0,09 mm. Der Querdurchmesser dagegen fällt zwischen 0,25—0,55 mm., zumeist 0,285—0,325 mm.

Bei dem doppelten Kanal finden sich folgende Verhältnisse. Es ist früher erwähnt, dass sich vom äussern Ende der Lumen die Epithelien noch eine Strecke weiter fortsetzen. Sind nun beide Kanäle aus einem entstanden, so müssen die Dimensionen beider Kanäle, der Zwischenraum zwischen ihnen und die darüber hinausgehenden Epithelien der Breitendimension des einfachen Kanals entsprechen.

Querdurchm. d. unt. d. Mikroskop rechten Lumens.	Querdurchm. d. unt. d. Mikroskop linken Lumens.	Zwischenraum zwisch. d. beid. Lumina	Ganz. Raum, den d. Epith. einnehmen.
0,09 mm.	0,09 mm.	0,11 mm.	0,44 mm.
0,075	0,048	0,15	0,48
0,075	0,01	0,135	0,49
0 075	0,025	0,15	0,45
0,065	0,025	0,175	0,54
0,045	0,055	0,15	0,5

Nahezu gleichen Durchmesser hat dieser von Epithelien eingenommene Raum, wo ein oder der andere Kanal verschwunden ist.

Querdurchmesser d. unt. d. Mikroskop rechten Lumens.	Querdurchm. d. unt. d. Mikrosk. linken Lumens.	Ganz. Raum, den d. Epith. einnehm.
0,095 mm.	. . . .	0,5 mm.
0,065	. . . .	0,55
0,05	. . . .	0,5
. . . .	0,055 mm.	0,5
. . . .	0,06	0,55

Einen eben so grossen Raum endlich nimmt die Epithelieninsel ein, wo beide Kanäle verschwunden sind. Es stimmt also der ganze Raum, welchen die Epithelien inne haben, mit der Ausdehnung des einfachen Centralkanals in der Quere überein, namentlich mit dem mehr spaltenförmigen einfachen Kanal.

An einem Präparate (Fig. 5) konnte man die Bildung des doppelten Kanals deutlich sehen. An der hinteren Wand, gegen die Mitte zu, drängten sich die Epithelien in Form einer Spitze gegen die vordere Wand, so dass der Raum des einfachen Kanals in zwei Lumen zerfällt, von welchen das unter dem Mikroskop rechte 0,065 mm., das linke 0,19 mm., der Zwischenraum 0,02 mm. einnahm. Der ganze Raum incl. die Epithelien ist 0,36 mm. breit. — Nach allen diesen Gründen muss man den doppelten Kanal als aus dem einfachen hervorgegangen betrachten.

Zumeist ist das Lumen, resp. die beiden Lumina des Centralkanals ganz leer. An einzelnen Schnitten sieht man eine lichte, etwas granulirte Masse an einem Theile des Epithelialkranzes liegen; morphologische Elemente sind darin nicht aufzufinden. Es ist diese Masse wohl als durch die Chromsäure geronnener Liquor cerebro-spinalis aufzufassen. An anderen Stellen zeigten sich häufig an den Epithelialzellen dicke, helle, einzeln stehende Härchen (Fig. I). Ich möchte sie nicht für Flimmerhärchen der Zellen erklären, vielmehr auch in die Gerinnung des Liquor cerebro-spinalis ihre Entstehung setzen. An ganz grossen Partieen des Rückenmarks, namentlich wo zwei Lumina vorhanden sind, finden sich diese ganz vollgestopft mit ovalen, granulirten, dunkel gefärbten Körperchen, in denen man mitunter ein kleines Bläschen bemerkt. Sie sind als Kerne der Epithelien zu nehmen, mit denen sie vollständig

übereinstimmen. An einzelnen Präparaten, wo Epithelialzellen abgelöst im Lumen sich vorfanden, traf es sich, dass einzelne geplatzt waren und der Kern frei lag; sie gehörten zu demselben Gebilde. Eine sie umgebende Zellmembran konnte ich an solchen, die gepresst an einander lagen, nicht nachweisen. Von geschrumpften Blutkörperchen, mit welchen sie möglicher Weise zu verwechseln waren, unterscheiden sie sich schon durch ihre Färbung, da ich letztere in den Gefässen nie von Carmin gefärbt, sondern stets in ihrer gelblichen Tinction erhalten vorfand; auch in der Grösse sind die Blutkörperchen bedeutend nachstehend.

In der Umgebung des einfachen Kanals liegt eine wenig gefärbte, leicht granulirte Substanz, in der dunkle Pünktchen und kleine, stärker gefärbte, unregelmässige Schollen wahrzunehmen sind. Besondere Formelemente konnte ich darin nicht erkennen. Diese Masse (Fig. I C) liegt zu beiden Seiten des Centralkanals am meisten angehäuft, nach hinten findet sie sich ebenfalls, wenn auch in geringerer Menge, vorn dagegen zeigen sich kaum einige Andeutungen von ihr. Ebenso ist es bei doppeltem Lumen; hier wird noch der Zwischenraum zwischen beiden von dieser Substanz ausgefüllt. Man sieht hier stets hinten an einer Stelle eine Continuitätsunterbrechung der Epithelzellen, so dass die umgebende Masse und die zwischen den Lumina liegende ununterbrochen in einander übergehen (Fig. 2 C). Je mehr Abweichungen der Centralkanal zeigt, desto geringer ist diese Masse; bei spaltförmigen Lumen sieht man an den beiden Enden noch Spuren von ihr. In gleicher geringer Menge ist sie vorhanden, wo sich nur noch eine Epithelialinsel (Fig. 4 C) zeigt, die, wie früher erwähnt, durch das Verschwinden der beiden Lumina entstanden ist.

Im Gegensatze zu dieser Abnahme der erwähnten Masse findet sich das Bindegewebe um den Centralkanal in um so grösserer Menge entwickelt, je grössere Abweichungen derselbe zeigt. Es kennzeichnet sich aber das Bindegewebe (D) durch die Kerne der Bindegewebskörperchen (U), die man verfolgen kann von dem Bindegewebsstrang der Fissura longitudinalis posterior, einem unstreitig bindegewebigen Gebilde, in die hin-

tere Commissur hinein. — Auch vor dem Centralkanal liegt ein Streifen Bindegewebe (U) hinter der Nervencommissur (Fig, 1. 2. J). Bei einzelnen Präparaten traf es sich durch Zufall, dass der Centralkanal durch Druck auseinander gesprengt war, und von dem losgelösten Epithelium einige Bindegewebskörperchen sich isolirt hatten, an denen man deutlich um den Kern die Zellenmembran, ihn eng umschliessend und nach beiden Seiten spitz zulaufend erkannte. Sonst ist es mir nicht gelungen, die Zellmembran zu erkennen; man sieht nur die dunkel gefärbten Kerne in einer fasrigen Masse liegend. Die Fasern laufen meist, wenn sie auch untereinander sich verfilzen, von einer Seite zur anderen, so dass dadurch ein gestreiftes Ansehen hervorgebracht wird. Am mächtigsten entwickelt zeigt sich dieses Bindegewebe an denjenigen Partieen des Rückenmarks, wo von einem Centralkanal nicht eine Spur mehr erkannt wird und von seinem Epithelium sich nur noch einige Kerne unterscheiden lassen (Fig. 7 F). Hier ist nur eine verfilzt fasrige Masse zu sehen, von der nach vorn, an der Stelle, wo normal die vordere Nervencommissur liegt, ein grobes Netzwerk von Bindegewebe (Fig. 7P), in dem einzelne querdurchschnittene längslaufende Nervenfasern (K) sich zeigen. Dieses Netzwerk läuft nach vorn mit einem bindegewebigen Strang (M) zusammen, welcher der Fortsatz ist, den die Pia mater zum Sulcus longitudinalis anterior hineinschickt. Ein eigentlicher Sulcus longitudinalis anterior ist dann gar nicht vorhanden, sondern nur ein dicker Bindegewebsstreifen, der die beiden vorderen Nervenstränge von einander hält, in welche er dicke Bindegewebsstreifen hineinschickt.

An allen, selbst den feinsten Schnitten sieht man, dass die Kerne im Epitheliumkranze nicht blos in einer Reihe liegen; mehr nach hinten von dem Kerne einer Zelle, und in dem Zwischenraum zwischen zwei Cylinderzellen sieht man immer noch Kerne auftreten, z. B. Fig. 5, so dass die Kerne eine Zickzacklinie darstellen. Eigene Membranen um diese mehr nach hinten liegenden Kerne konnte ich durchaus nicht erkennen. Man erblickt oft drei, vier hintereinander liegende Kerne, so dass sich oft ein dicker Kranz um den Kanal vorfindet, an

einzelnen Zellen stärker, an anderen weniger auffällig. Ganze Partieen des Rückenmarks endlich zeigen das Lumen, resp. die Lumina vollgepfropft mit Kernen der Epithelien.

Die Verschiedenheiten, die auch die anderen Theile des Rückenmarks auf Querschnitten zeigen, namentlich die Hörner der grauen Substanz, bedürfen eines eingehenderen Studiums; so das Fehlen der vorderen Nervencommissur, das theilweise Verschwinden der hinteren Hörner, die verschiedene Gestalt und Grösse der vorderen Hörner in einem Querschnitt, die Menge grosser Gefässe an den verschiedenen Stellen des Marks. Sie liegen nicht so klar da, als es bei den Veränderungen des Centralkanals der Fall ist, und ist es mir vorläufig unmöglich, ohne sorgfältige Vergleichung mit einem normalen Rückenmarke darüber genauere Data geben zu können. Jedenfalls steht soviel fest, dass hier im Innern des Rückenmarks pathologische Veränderungen vorgegangen sind, obgleich aus dem äusseren Ansehen nicht darauf zu schliessen war. Man darf daher nicht ohne Weiteres jedes Rückenmark, welches äusserlich keine pathologischen Veränderungen zeigt, für ein normales halten, und ich glaube nicht zu irren, wenn ich der Vernachlässigung dieses Umstandes viele Meinungsdifferenzen der Autoren über den feineren Bau des Rückenmarks zuschreibe.

Wer Präparate aus den verschiedenen Gegenden der Pars dorsalis dieses Rückenmarks, ja wer nur zehn auf einander folgende Durchschnitte gesehen hat, dem wird sogleich der Einwurf, diese Veränderungen könnten durch die Einwirkung der Chromsäure entstanden sein, als unhaltbar erscheinen. Er wird vielmehr alsbald die Ueberzeugung gewinnen, dass hier ein pathologischer Process stattgefunden hat. Es ist die übermässige Entwickelung des normal vorkommenden Bindegewebes, dieses alten Sünders unter den Geweben, das hier, wie im Inneren anderer Organe, die Veränderungen und den Schwund der anderen Gewebe zu Wege gebracht hat. Die stärksten Veränderungen fallen mit der grössten Masse des Bindegewebes zusammen (Fig. 7).

Weit schwieriger ist es zu beurtheilen, in welchem Verhältnisse die oben erwähnte granulirte Masse (C) und das

Bindegewebe zu einander stehen. Evident ist, dass, je geringer jene Masse sich zeigt, desto mehr Bindegewebe um den Centralkanal sich vorfindet. Man könnte versucht sein, aus diesem Wechselverhältnisse zu schliessen, dass das Eine aus dem Anderen sich hervorbilde. Indess finden sich in jener Masse durchaus keine morphologischen Elemente, wie sie in neu sich bildendem Bindegewebe zu sehen sind. Vielleicht könnte man diese granulirte Masse als eine durch die Einwirkung der Chromsäure oder schon während des Lebens spontan geronnene Flüssigkeit, ein Exsudat, auffassen, das ebenso wie die Epithelien und die übrigen Bestandtheile des Rückenmarks durch Wucherung des Bindegewebes verdrängt wird.

Vor und hinter dem Centralkanal hat sich das Bindegewebe vermehrt, dadurch entsteht die querovale Gestalt des Kanals, der immer mehr im Querdurchmesser zunimmt, von vorn nach hinten dagegen so abnimmt, dass schliesslich die Epithelien auf einander liegen. Unschwer lässt sich daher auf einen Druck von vorn nach hinten schliessen, der diese Veränderung zu Wege gebracht hat. Für einen solchen Druck spricht noch, dass der Epithelkranz an den beiden Seitenenden geplatzt ist.

Für die so sonderbare Erscheinung eines doppelten Kanals, glaube ich, reicht diese Erklärung nicht aus. Wir sehen hier stets am hinteren Rande und in dem Zwischenraum beider Lumina die granulirte Masse sich zeigen; vorn dagegen geht das Epithelium in einem geschlossenen Bogen von einem Lumen zum anderen. Nicht so hinten; dort ist stets an einer Stelle die Continuität der Epithelien unterbrochen und durch diese Unterbrechungsstelle geht die granulirte Substanz in den Zwischenraum der beiden Lumina hinein. Die granulirte Masse scheint hier die Epithelzellen nach vorn und aussen bis zur vorderen Wand gedrängt zu haben und so zur Bildung zweier Lumina die Veranlassung gegeben zu haben. Oefters ist die Umgränzung der Kanäle nicht vollständig; in diesem Falle ist die Lücke stets nach innen. — In Fig. 5 liegt in der Einbucht, die der hintere Rand des Epitheliums zeigt, diese granulirte Masse, die in der Figur nicht gezeichnet ist, am stärksten angehäuft; auch bei Einbuchtungen des Epithelkranzes, die der

einfache Kanal zeigt, liegt diese Masse in stärkerer Verbreitung.

Die Veränderungen des Centralkanals und seiner Umgebung zeigen an verschiedenen Stellen nicht dieselbe Höhe. Von den leichtesten Formveränderungen des Kanals bis zum gänzlichen Schwund desselben zeigen sich die mannigfachsten Uebergänge. Wir sind gezwungen anzunehmen, dass der pathologische Process, entweder — wenn die Veränderungen gleich rasch vor sich gingen — an den verschiedenen Stellen des Rückenmarks nicht in gleicher Zeit angefangen hat, oder dass dieser Process an den einzelnen Stellen nicht mit gleicher Heftigkeit vor sich ging. Man wird immerhin auf eine gewisse Dauer des Processes schliessen können, indem plötzliche Veränderungen wohl kaum einen solchen Effect hervorgebracht haben konnten, wie die Bildung von zwei Centralkanälen und deren vollständige Umgrenzung durch einen Epithelkranz. Die Bedingungen zur Bildung eines doppelten Kanals waren ebenso im Halstheile vorhanden, wo Professor Reissner, wie schon erwähnt, ebenfalls die zwei Lumina fand, von denen einer, immer kleiner werdend, gänzlich verschwand.

Alle Beobachter führen in Bild und Wort an, dass der Centralkanal von einer einfachen Reihe Cylinderzellen ausgekleidet ist. Das ist auch bei diesem Rückenmarke der Fall. Indess zeigt sich hier der sonderbare Umstand, dass die Zahl der Epithelialkerne die der Zellen bei Weitem übertrifft, indem hinter den Zellen sich noch Kerne deutlich markiren, oft nur an einzelnen Stellen, oft um den ganzen Epithelialkranz herum; an ganzen Strecken ist, wie schon angeführt, das Lumen, resp. die Lumina ganz mit Epithelialkernen angefüllt, ohne dass man diese Kerne auf die Cylinderzellen reduciren könnte, die umher liegen, und jede ihren eigenen Kern besitzt. Ob diese Zellen alle zu Cylinderzellen gehört haben, lässt sich nicht beurtheilen; Zellenmembranen um sie herum sind nicht zu unterscheiden; man ist aber gezwungen, eine Vermehrung der Kerne anzunehmen.

Es kann nicht gerechtfertigt erscheinen, aus diesen Befunden an einem pathologisch entarteten Rückenmarke die An-

gaben verschiedener Autoren über den Bau des normalen Rückenmarks beurtheilen zu wollen. Indessen wirft es doch Streiflichter auf einzelne Angaben. So hat bekanntlich Kölliker[1]) anfänglich behauptet, dass es beim Erwachsenen normal keinen Kanal giebt, und Stilling[2]) hat versucht, einige Quartseiten hindurch diese Behauptung durch die Einwirkung der Chromsäure erklärlich zu machen. Sollte nicht Kölliker ein ähnliches Bild wie Fig. 4 vor Augen gehabt und die Epithelialzellen für Nervenzellen gehalten haben!

Einen doppelten Kanal haben schon Gall und Spurzheim[3]) angegeben, doch fehlt der Nachweis, dass dieser der Centralkanal war, indem sie die Epithelialbekleidung desselben nicht kannten und so jede beliebige Lücke in der Gegend des Centralkanals für diesen nehmen konnten. An den Seiten und etwas nach vorn von ihm liegen noch in diesem Rückenmarke zwei Lücken, die den Centralkanal an Grösse weit übertreffen. Sie sind an Durchschnitten oft leer, indem die grossen, die Länge des Rückenmarks durchziehenden Gefässe herausgefallen sind, die man in anderen Durchschnitten noch darin findet. Diese Gefässe stehen von dem Rande der Lücken weit ab, was wohl nur bei erhärtetem Rückenmark vorkommen wird. Ich stimme der Meinung Lenhossék's[4]) bei, dass diese Lücken von Gall und Spurzheim für einen doppelten Centralkanal gehalten worden sind. Calmeil soll, wie Lenhossék ebendaselbst angiebt, drei Centralkanäle gesehen haben. Ich habe diese drei Lumina an diesem Rückenmarke schon mit unbewaffnetem Auge sehen können. Unter dem Mikroskop erwiesen sich diese drei Lumina als der wirkliche, einfache Centralkanal und als die beiden oben erwähnten Gefässlücken. Abbildungen davon geben ausser Lenhossék, Clarke[5]) u. Goll[6]).

---

1) Mikroskopische Anatomie. Band I. S. 411.

2) Neue Untersuchungen über den Bau des Rückenmarks. S. 11.

3) Recherches sur le système nerveux en général et sur celui du cerveau en particulier. Tome I. p. 39.

4) Neue Untersuchungen über den feineren Bau des centralen Nervensystems des Menschen. S. 22.

5) Researches into the Structure of the spinal chord. Philosophical transactions. 1851. Plat. 25, Fig. 13.

6) Beiträge zur feineren Anatomie des menschlichen Rückenmarks. Taf. III, Fig. 6.

Ein wirklicher doppelter Centralkanal muss in seinen beiden Lumen von Epithelium ausgekleidet sein, und es beruhen die Angaben früherer Autoren höchst wahrscheinlich auf einer Verwechselung mit jenen beiden Gefässlücken. Ein wirklicher doppelter Centralkanal ist ein Curiosum, das wohl noch nicht beobachtet worden ist und nicht so bald einem Beobachter vor die Augen kommen wird. Ich habe daher vorliegende Notiz veröffentlicht, indem ich glaube, dass eine solche Seltenheit wohl verdient, bekannt zu werden, anderseits um spätere Forscher möglicherweise davon abzuhalten, pathologische Erscheinungen nicht ausser den Bereich der Beurtheilung zu stellen, wenn sie äusserlich auch das zu untersuchende Rückenmark intact finden.

Ob und welche Veränderungen in den Functionen des Rückenmarks während des Lebens stattfanden, lässt sich durchaus nicht beurtheilen; leider fehlt ja auch jede Nachricht über die Person während ihres Lebens. Der gänzliche Schwund der vorderen Nervencommissur lässt aber gewiss den Schluss auf Bewegungsstörungen in der Rumpfmusculatur zu.

Erklärung der Abbildungen.

Die Abbildungen sind möglichst genau nach den Präparaten gezeichnet. Sie zeigen nur den Centralkanal und seine Umgebung. Der Unterschied der Färbung durch Carmin ist versucht worden, durch den dunkleren und helleren Ton wiederzugeben. Vergr. 300.

Fig. 1. Der einfache Centralkanal und seine Umgebung. A Lumen des einfachen Kanals; B Epithelialauskleidung desselben; C die granulirte Masse um den Centralkanal; D hintere Commissur, aus Bindegewebe bestehend; E Spitze, in welche die hintere Commissur ausläuft (es ist die Fortsetzung des bindegewebigen Stranges, der, von der Pia mater ausgehend, die hinteren Stränge des Rückenmarks scheidet); G durchschnittenes Gefässlumen; H Bindegewebszug vor dem Centralkanal; I vordere Nervencommissur; K durchschnittene längsverlaufende Nervenfasern in der vorderen Commissur; U Kerne der Bindegewebskörperchen.

Fig. 2. Doppelter Centralkanal. C, D, H, I, K, U wie in Fig. 1. F Epithelialzellen und Epithelialzellenkerne, eingebettet in die umgebende Substanz; L Lumen des linken (unter dem Mikroskop rechten) Kanals; R Lumen des rechten Kanals.

Fig. 3. Einfacher Kanal, aus dem doppelten entstanden. C, D, G, H, U wie in Fig. 1. L, F wie in Fig. 2. Z Andeutung eines Lumens durch eine kreisförmige Anordnung der Epithelien.

Fig. 4. Fehlen des Centralkanals. C, D, G, H, U wie in Fig. 1. F wie in Fig. 2. X lichte Stelle, an dem Ort, wo in Fig. 3 der linke Kanal (L) gelegen ist.

Fig. 5. Sich bildender doppelter Kanal. L, R wie in Fig. 2.

Fig. 6. Spaltförmiger einfacher Centralkanal. Bezeichnungen wie in Fig. 1.

Fig. 7. Vollständiges Verschwinden des Centralkanals. E Spitze der hinteren Commissur wie in Fig. 1.; F Reste von Epithelzellen, ganz undeutlich zu erkennen; G grosses Gefässlumen, von Blutkörperchen angefüllt; K Durchschnitte längsverlaufender Nervenfasern; P Netz von Bindegewebe an Stelle der vorderen Nervencommissur, die gänzlich verschwunden ist; M bindegewebiger Kranz, der zur Pia mater geht und die beiden Vorderstränge des Rückenmarks scheidet; Q verfilztes Bindegewebe, welches den ganzen Verbindungstheil der Rückenmarkshörner bildet; T Netzwerk von Bindegewebe in dem linken hinteren Kranz; S bindegewebige Partie, die sich weiter nach vorn und innen mit der Fortsetzung von M verbindet; O querdurchschnittene Nervenfasern des hinteren Nervenstranges; N querdurchschnittene Fasern des vorderen Nervenstranges; U Bindegewebskörperchen.

Ueber den Abfall der Geweihe und seine Aehnlichkeit mit dem cariösen Process.

Von

N. Lieberkuehn.

(Hierzu Taf. XVIII u. XIX).

Berthold giebt über den Vorgang des Abwerfens der Geweihe Folgendes an (Beiträge zur Anatomie, Zootomie und Physiologie: Ueber das Wachsthum, den Abfall und die Wiedererzeugung der Hirschgeweihe, S. 39): Es unterliegt keinem Zweifel, dass dabei eine rege Aufsaugung von verbindender Knochenmasse entweder mittels der Blutgefässe oder durch besondere Lymphgefässe vor sich gehe. Der Process findet aber nicht in dem über dem Rosenstock nackt hervorstehenden Ge-

weih, sondern im Rosenstock selbst Statt, was daraus erhellet, dass der Rosenstock mit dem Wechsel alljährlich sich verkürzt und an Umfang zunimmt.

Die Kopf- und namentlich die Schläfengefässe sollen sich gegen die Zeit des Abfalles beträchtlich erweitern, und indem nun das Blut sowohl in den Rosenstock als auch in die denselben umgebende Haut vermehrt eindringe, sollen beide etwas aufschwellen.

In Folge des Knochenerweichungsprocesses bemerke man kurz vor der Abfallszeit zwischen dem oberen Ende des Rosenstockes und dem Geweih eine erweichte blutige Scheibe, die nur noch an der einen oder an der anderen Stelle unvollkommen ist; in der Regel wird sie auch nicht ganz vollständig: denn ehe die vollkommene Erweichung der Grenze des alten Geweihes und des Rosenstocks erfolgen kann, fällt jenes schon früher wegen seiner eigenen Schwere ab. Deshalb erscheint auch die untere Fläche eines abgeworfenen Geweihes niemals ganz gleich, sondern hier und da bemerkt man einzelne vorspringende, wirklich abgebrochene Knochenstellen.

Johannes Müller spricht sich in seinem Lehrbuch der Physiologie (I. Theil, S. 321) dahin aus über den in Rede stehenden Vorgang, dass die Trennung durch eine Art Erweichung der organisirten Knochensubstanz des Stirnbeinhöckers an der Grenze zwischen diesem und dem Geweihe geschehe.

Die nachfolgenden Untersuchungen wurden an mehreren eben abgeworfenen Geweihen und den Stirnfortsätzen von Hirschen und Rehen, an letzteren kurze Zeit nach dem Tode der Thiere, angestellt.

Das dem Stirnbeinhöcker zugewandte Ende des abgeworfenen Geweihes ist etwas convex und auf seiner ganzen Oberfläche mit vielen ziemlich gleichmässigen kleinen Vertiefungen versehen, die sich nur an einzelnen Stellen etwas weiter in das Geweih hinauf erstrecken. Man nimmt dies wahr, wenn man mittels einer feinen Säge dünne Scheiben abschneidet; dieselben erscheinen auf der Schnittfläche nur hin und wieder mit Löchern versehen, und an dem Geweihe sieht man dem entsprechend Kanäle noch etwas in die Knochensubstanz vordringen,

während dasselbe im vollständig verknöcherten Zustand sonst so grosse Kanäle nicht besitzt, dass man sie so leicht mit blossem Auge wahrnehmen könnte. Eine hinreichend fein abgesägte Scheibe zeigt von ihrer rauhen Seite her betrachtet Folgendes: Die Ausbuchtungen enthalten nirgends Knochensubstanz mit glatter Oberfläche, sondern sind wieder mit mikroskopischen Vertiefungen versehen, die mit grosser Regelmässigkeit auftreten und nur in ihrem Umfange sich etwas unterscheiden, da manche wenig über den Durchmesser einer Knorpelzelle hinausgehen, während andere um ein Mehrfaches grösser sind. Im Grunde derselben ist die Knochensubstanz von gleicher Beschaffenheit wie am normalen Geweih; man erkennt die Knochenkörper mit ihren Ausstrahlungen und zuweilen auch Spuren von Lamellen. Hin und wieder ist ein Knochenkörper nur noch zur Hälfte oder zu einem kleineren oder grösseren Theile vorhanden, ohne dass jedoch der Rest seiner Höhle gerade vergrössert erschiene. Auch die Ausstrahlungen der Knochenkörper sind im Allgemeinen nicht voluminöser, als im normalen Zustande.

Die Erhabenheiten, welche die Vertiefungen rings umgeben, sind mehr oder weniger zugeschärft und von wandelbarer Dicke; bisweilen liegt gerade in dem freien Rande der Rest eines Knochenkörpers, so dass seine Höhle nach der Oberfläche hin geöffnet erscheint; auch hier bemerkt man Nichts von Erweiterung weder am Knochenkörper selbst noch an seinen Ausstrahlungen.

Die Begrenzungen der mit blossem Auge sichtbaren Ausbuchtungen sind sehr unregelmässig; sie sind oft selbst wieder mit Spitzen und Höckern versehen; letztere zeigen öfters deutliche Bruchflächen, andererseits sind sie aber auch mit den eben beschriebenen mikroskopischen Lacunen versehen. Wo die Bruchflächen sich vorfinden, da ist die Continuität mit dem Stirnbeinfortsatz jedenfalls erst durch das Abwerfen des Geweihes selbst aufgehoben.

Wie bereits angegeben wurde, dringen die Ausbuchtungen hier und da ungewöhnlich tief in das abgeworfene Geweih hinein vor. An den abgesägten Platten sieht man alsdann die Schnittfläche von Löchern durchbrochen, welche eine äusserst

verschiedene Ausdehnung haben können, wie die Ausbuchtungen selbst, so dass man sie theils ohne Mikroskop wahrnimmt, theils nicht. Ihre Ränder sind rings von Einschnitten eingefasst, welche vollkommen den Lacunen entsprechen, die so eben von der Flächenansicht beschrieben sind. Vielfach sieht man an solchen Präparaten ganz normale Gefässkanäle von verschiedenen Lumen, andere aber unterliegen in ihren Wandungen bereits dem Resorptionsprocess und sind nicht glatt, sondern ausgebuchtet auf kleineren oder grösseren Strecken.

An dem Stirnbeinende des eben abgeworfenen Geweihs finden sich Spuren von Gewebsbestandtheilen im getrockneten Zustande vor, welche die Zwischenräume zwischen den Gefässen und den Knochenwandungen beim lebenden Thier ausfüllen; es ist dieselbe Gewebsform, welche beim verknöchernden Geweih die Gefässe rings umgiebt, nämlich junge Bindesubstanz, welche keine deutlichen Zellen grenzen, wohl aber Kerne, namentlich auf Zusatz von Essigsäure vollkommen klar erkennen lässt.

Ich habe mehrfach Stirnbeinhöcker zur Untersuchung erhalten, bei denen die Geweihe ganz kurz zuvor abgeworfen waren. Die Haut des Rosenstockes hatte noch nicht begonnen, die Bruchfläche zu überwachsen, sondern umgab nur ihre Peripherie. Die Oberfläche des Höckers erscheint porös von zahlreichen, den Knochen in der Längsrichtung durchziehenden Kanälen, die nach oben offen endigen. An wenigen Stellen nur sind tiefe unregelmässige Löcher vorhanden, die sich nicht in einen Kanal fortsetzen und offenbar Bruchflächen darstellen. Auf ihrem Grunde sind sie gewöhnlich von Blut roth gefärbt. Die die Kanäle rings umgebende Knochensubstanz bietet theilweise das Aussehen von Bruchflächen, theilweise enthält sie die mikroskopischen Lacunen. In die Kanäle hinein setzen sich die Lacunen fort. Zwischen ihnen und den Wänden der Gefässe, welche in den Kanälen verlaufen, befindet sich dieselbe Bindesubstanz, wie in den Gruben am unteren Ende des abgeworfenen Geweihes. Dasselbe Gewebe bildet unter den Stirnbeinhöckern bald eine continuirliche Lage unter der Haut, die allmählig von der Peripherie her die zuerst freiliegende Fläche des Höckers überwächst; erst später treten, entfernter

von der äusseren Haut und unmittelbar auf dem Knochen die entschiedenen Knorpelzellen hervor, an denen man die Zellengrenzen und Kerne und auch die zwischen ihnen liegende Intercellularsubstanz unterscheiden kann. Die Gefässkanäle sind zum grossen Theil um ein Vielfaches weiter, als zur Zeit, wo die Ossification im Geweih und Stirnhöcker vollständig beendigt ist.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass die in dem abgeworfenen Geweih mit blossem Auge sichtbaren Vertiefungen die blinden freilich bedeutend erweiterten Enden der im Rosenstocke auslaufenden Gefässkanäle darstellen. In denjenigen Fällen, in welchen einzelne Ausbuchtungen sich ungewöhnlich tief in das Geweih hineinerstrecken, kann man Schliffe vom unteren Theil des letzteren herstellen, welche mit denen vom obersten Theil des Rosenstocks entnommenen grosse Uebereinstimmung zeigen; es ist bei beiden der Knochen von Lücken durchbrochen, welche einen ähnlichen Umfang haben und in ihrer Peripherie von denselben mikroskopischen Einschnitten begrenzt werden.

Die Erscheinungen, welche oben an dem abgeworfenen Geweih und dem Stirnfortsatz beschrieben wurden, hat man bisher nicht an normalen Knochen beobachtet; sie sind nur bei Knochenkrankheiten bekannt. Denn es erhellt auf den ersten Blick, dass sie mit den bei cariösen Knochen vorkommenden die grösste Uebereinstimmung zeigen. An cariösen Knochen sieht man dieselben Ausbuchtungen wie hier; die Lacunen haben auch dieselbe Grösse und dieselbe Gestalt und auch bei Caries kann in den Lücken ausschliesslich junge Bindesubstanz liegen. Das des Periostes entbehrende und der Blutcirculation ermangelnde Geweih war der Sequester, welcher durch den cariösen Process abgestossen wird.

Wenn man jedoch den Darstellungen des neuesten Bearbeiters dieses Krankheitsprocesses, Virchow, folgt, so finden sich auch wiederum bedeutende Abweichungen.

Nach den Angaben dieses Forschers geht die Caries von den Knochenkörpern aus, und die zwischen ihnen befindliche Grundsubstanz wird von ihnen allein bestimmt, in die Veränderung einzugehen; es entstehen auf diese Weise die Lücken

und Gruben, welche man an cariösen Knochen beobachtet. „Die ganze Caries beruht eben darin (Cellularpathologie S. 373), dass der Knochen sich in seine Territorien auflöst, dass die einzelnen Elemente in neue Entwicklung gerathen, und dass die Reste von alter Grundsubstanz als kleine dünne Scheiben in der weichen Substanz liegen bleiben. Das sind die Vorgänge, ohne die man die Geschichte der Caries gar nicht begreifen kann. Das Gewebe, welches die entstehende Knochenlücke erfüllt, kann je nach Umständen sehr verschieden sein, einmal eine fettig degenerirende zerfallende Masse, in einem anderen Falle eine zellenreiche Masse mit zahlreichen jungen Elementen; diese bildet sich, indem die Knochenkörper sich wieder theilen und wuchern, und die neu entstehende Substanz verhält sich wieder wie Mark."

Der Unterschied zwischen dem Resorptionsvorgang beim Abwerfen der Geweihe und bei Caries würde sich hiernach auf die eine Beobachtung Virchow's zurückführen lassen, dass bei Caries die Auflösung des Knochens stets mit Vergrösserung der Knochenkörper einhergeht, wovon wir beim Geweih keine Andeutung vorfanden. Ob die aus dieser Beobachtung gezogenen Schlüsse, dass die Zellen in den Knochenkörpern die Ursache der Erscheinung sind, soll später erörtert werden. In dem Inhalte der Höhlen und Lacunen ist kein Unterschied, der wesentlich genannt werden könnte, denn Virchow giebt an, dass der Inhalt auch bei Caries mit jungem Mark vollkommen übereinstimmen könne. Dass bei Caries die Gefässe weniger in Betracht kommen, als bei der Abstossung der Geweihe, geht aus den bisherigen Untersuchungen jedenfalls nicht hervor.

Es wäre jetzt zunächst die Frage, ob die grossen Knochenkörper eine constante Erscheinung bilden.

Die von mir untersuchten, mit Caries behafteten Knochen vom Menschen hatten zum Theil grössere, zum Theil kleine Knochenkörper. In der Umgebung der Knochenlücken fanden sich die von Virchow beschriebenen Erscheinungen in sofern vor, als die umgrenzende Knochensubstanz auf ihrer Oberfläche mit grösseren und kleineren Lacunen versehen war; an den

unmittelbar anstossenden Knochenkörpern war jedoch keine Vergrösserung wahrzunehmen, sie verhielten sich vielmehr wie die Knochenkörper normaler Knochen; auch die kleinen zum Theil mikroskopischen Splitter, die in der wuchernden jungen Bindesubstanz innerhalb der Höhlen isolirt umherlagen, zeigten wohl auf ihrer Oberfläche die Lacunen, aber in der Regel nirgends in ihrem Inneren vergrösserte Knochenkörper mit erweiterten Ausstrahlungen.

Ich hatte durch die Sammlung des hiesigen anatomischen Museums auch mehrfach Gelegenheit, grössere nekrotische Knochenstücke zu beobachten. Aber weder an Schliffen noch an abgebrochenen Splittern derselben ist es mir gelungen, besonders grosse Knochenkörper wahrzunehmen. Ueberall verhielt sich der Knochen in seiner Textur normal, nur an den Abstossungsrändern zeigten sich die bekannten Lacunen. In einem Falle von Caries des Felsenbeins eines Kindes sah ich in der That in der Umgebung der von dem Krankheitsprocess erzeugten Höhlen die Knochenkörper ungewöhnlich gross, dieselben erstreckten sich aber so tief in den Knochen hinein, dass gar kein Grund vorlag, sie ohne Weiteres in Beziehung mit dem cariösen Vorgang zu bringen. Es ist vielmehr Grund anzunehmen, dass es sich hier gar nicht um Vergrösserung der ursprünglich kleinen Knochenkörper handelt, sondern dass die Knochenkörper von Anfang an nicht kleiner gewesen sind.

Dass Knochenkörper mit ihren Ausstrahlungen nicht zu der gewöhnlichen Kleinheit sich entwickeln, davon giebt es Beispiele, sowohl bei denjenigen Knochen, die aus hyalinem, als auch bei solchen, die aus membranösem oder Faserknorpel verknöchern. Für letztere sollte man dies allerdings nach der neuesten Darstellung der Entstehung der Knochenkörper kaum erwarten. Heinrich Müller (Ueber die Entwickelung der Knochensubstanz nebst Bemerkungen über den Bau rhachitischer Knochen. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, 9. Band, S. 165) giebt nämlich an, dass die Knochenkörper von Anfang an sternförmig sind und nur nach und nach von der sclerosirenden Grundsubstanz eingeschlossen werden und dass sie, sobald sie von der Grundsubstanz umgeben sind, bereits die eigenthümlich

linsenförmige, zum Theil ziemlich verlängerte Gestalt erhalten, die man von den Knochenkörpern kennt. Der Vorgang ist in dem Gewebe der Markräume derselbe, wie im Gewebe des Periost; nur soll in dem ersteren die Grundsubstanz sehr rasch nach ihrem Auftreten sclerosiren. Das Erste, was man bei Profilansichten sieht, ist eine Kerbung des freien Randes der Knochenlamelle, von welcher aus feine Streifen in diese hineinziehen. Sobald eine feste Grundsubstanz an einer Seite einer Zelle wahrzunehmen ist, sind die zackigen Fortsätze auch bereits da. Ich beobachtete ossificirende Faserknorpel der Kopfknochen, wo diese Darstellung nicht ganz zutrifft. Die Seitenbeine einer neugebornen Spitzmaus, wo die in Rede stehende Erscheinung mir am auffallendsten vorgekommen ist, verhalten sich ganz, als ob sie aus hyalinem Knorpel ossificirt wären und im Stadium des spongiösen Knochengewebes sich befänden.

Löst man ein Seitenbein von dem Schädel ab, und bringt es ganz oder stückweise unter das Mikroskop, so findet man den Knochen mit den gewöhnlichen Knochenkörpern an vielen Stellen versehen, an anderen aber in eben solcher Ausdehnung äusserst grosse Knochenkörper ohne deutliche Ausstrahlung und immer durch dünne Wandungen von Zwischensubstanz getrennt, nicht nur an der Oberfläche, sondern auch in der Tiefe. In den grösseren Lücken der Oberfläche bemerkt man bisweilen noch Kerne, die nur einen kleinen Theil der Höhle einnehmen und von schwach lichtbrechender Zellensubstanz umgeben sind. Wo noch eine solche Höhle nach aussen geöffnet ist, nimmt man Nichts von sternförmigen Zellen wahr, die hier überhaupt nicht im unverknöcherten Gewebe beobachtet werden konnten.

Wir haben hier sonach den Fall, dass Knochen aus Faserknorpel ungewöhnlich grosse Knochenkörper besitzen. Es würde sich nun darum handeln, ob Knochenkörper, wenigstens für einzelne Theile des Knochens, auf dieser Entwicklungsstufe stehen bleiben können.

Auch das lässt sich beobachten: wenn man Stirnbeinfortsätze von Hirschen einige Zeit nach der vollständigen Ent-

wicklung der Geweihe untersucht, so bemerkt man nicht selten auf Querschnitten schon mit blossen Augen weisse Ringe um die Gefässkanäle.

Oefters ist der Knochen um eine ganze Gruppe solcher Kanäle weisslich und setzt sich scharf gegen die Umgebung ab. Fertigt man von solchen Stellen Schliffe an, so erkennt man als Ursache dieser Erscheinung sehr grosse Knochenkörper mit grossen Ausstrahlungen. Es kann der Knochen selbst so von Lücken durchsetzt sein, dass die Knochenkörper ohne Reagentien gar nicht zu entdecken sind, da die Masse der unverknöcherten Substanz das Licht eben so stark bricht, wie die in den Knochenkörpern. Erst nach Behandlung mit Säure setzt sich der Inhalt der Höhlen gegen die durchsichtig gewordene Umgebung ab.

Der Einwurf, dass die besprochene Erscheinung durch das Zersägen des Knochens entsteht,, lässt sich leicht dadurch zurückweisen, dass man nach Behandlung des ganzen Knochens mit Salzsäure an Schnitten ein gleiches wahrnimmt. Das Gewebe ist nämlich nicht so gleichartig wie sonst, sondern vielfach von einer Substanz durchsetzt, die ein ähnliches Lichtbrechungsvermögen hat, wie die in den Knochenkörpern und deren Strahlen befindliche. Da diese Erscheinung an den Stirnhöckern nur dann beobachtet wird, wenn nach der Vollendung der Geweihe auch die durch Resorption entstandenen grossen Gefässkanäle sich wieder mit Knochenmasse ausgefüllt haben, so könnte man daran denken, dass man es hier mit dem Beginn der neuen Resorption zu thun hätte, welche der Absetzung des Geweihes vorausgeht. Davon kann aber nicht die Rede sein, weil ganz dieselben weissen Ringe auch in dem vollständig verknöcherten gefässlosen Geweihe gefunden werden, und zwar in solchen Entfernungen vom Rosenstock, dass bis dahin die Resorption auch beim Abwerfen der Geweihe nicht vordringt.

Man findet dasselbe aber nicht bloss am Geweihe und am Rosenstocke, sondern auch an anderen Knochen. So wurde es, wenn auch nicht mit derselben Regelmässigkeit, an Schliffen von Stirnbeinen und Wirbeln gesehen.

Würde nun in solchen Knochen Caries vorkommen, so läge der sichere Fall vor, dass sie in Begleitung von grossen Kno-

chenkörpern auftritt, ohne dass sie die Ursache davon wäre. Dieser Fall ist bei den bisherigen Aussagen über Caries nicht vorgesehn, und es wäre sonach immer möglich, dass die nur hin und wieder so ungewöhnlich gross erscheinenden Knochenkörper bei Caries in der That nicht vergrösserte Knochenkörper sind, sondern dass sie niemals kleiner waren.

Selbst wenn aber auch wirklich durchweg bei Caries die Knochenkörper grösser wären als gewöhnlich und die Vergrösserung durch den Krankheitsprocess zu Stande gekommen wäre, so wäre doch damit keineswegs die Behauptung erwiesen, dass die etwa in den Höhlen liegenden Zellen die Ursache der Vergrösserung der Knochenkörper seien. Es bleibt vielmehr die andere Möglichkeit übrig, dass die gar nicht von den Knochenzellen ausgehende Resorption der Knochensubstanz in den bereits vorhandenen Lücken rascher fortschreitet, als in der Knochensubstanz zwischen den Lücken.

Es ist diese Annahme aber nicht nur möglich, sondern sie ist nothwendig, wenn an Knochen ohne Knochenkörper die Erscheinungen der Caries vorkommen. Dass dies in Wirklichkeit der Fall ist, lehren folgende Beobachtungen.

An dem Metacarpalknochen eines menschlichen Daumens war das obere und untere Ende hauptsächlich Sitz der Caries.

Die Resorption war von unten her gegen den Gelenkknorpel vorgedrungen. Unmittelbar unter demselben fehlte an verschiedenen Stellen die Knochensubstanz. An anderen war sie nur noch in dünner Lage vorhanden. Von letzteren liessen sich mit Leichtigkeit dünne Scherben ablösen. Diese bestanden nicht mehr aus Knochensubstanz mit Haversischen Kanälen und Knochenkörpern, sondern es waren Knorpelzellen in ziemlich weit von einander abstehenden Längsreihen gestellt, in denen die eine Zelle nur durch dünne Blättchen Zwischensubstanz von der anderen getrennt war. Dies lehrten auf die Längsaxe des mit Salzsäure extrahirten Knochens geführte Schnitte. Die noch mit Kalksalzen versehenen Knochensplitter zeigten von der cariös ergriffenen Fläche aus betrachtet genau dieselben Lacunen und Gruben wie der völlig ausgebildete Knochen. Es fehlte aber in der Grundsubstanz selbstverständlich jede Spur

von Knochenkörperstrahlen. Da der Einschnitt hier nur von dem Querschnitte aus möglich war, so erscheinen hier und da gezackte Lücken, welche die Knorpelkörperreihen im Querschnitt darstellen. Der Inhalt derselben liess sich hier nicht mehr erkennen. Das ist aber sicher, dass von ihnen keine Spur von Ausstrahlungen ausging.

In die Ausbuchtungen und Lacunen hinein erstreckte sich von dem übrigen Theile des cariösen Knochens her dieselbe junge Bindesubstanz wie sie sonst bei Caries vorkommt. Selbstverständlich kann diese nicht aus dem sich theilenden Knochenkörper dieses Knochenstückes hervorgehen, da hier gar keine Knochenkörper existiren. Sie kann ebensowenig von den erwähnten Knorpelzellen herrühren, da deren Höhlen nicht die geringste Veränderung zeigten.

Es ist aber überhaupt von Virchow nirgends ein Beweis für die Behauptung, dass Knochenkörper sich theilen, geführt worden. Es ist vielmehr hier wie bei dem Resorptionsprocesse des Stirnhöckers der Geweihe anzunehmen, dass das junge Gewebe gerade so, wie anderswo, entsteht, d. h. aus älterem, was an allen den Stellen vorhanden ist, wo Caries überhaupt beobachtet wurde.

Pathologisch würde an dem cariösen Vorgange nur das sein, dass die Resorption an abnormen Stellen auftritt: denn nicht einmal die Erscheinung der Lacunenbildung ist an und für sich pathologisch, da sie normal auch im Knochen bei Geweihwechsel auftritt.

Ueber die sonst bei Caries auftretenden Vorgänge, als Eiterbildung, Verknöcherung der wuchernden Bindesubstanz stehen mir keine neuen Beobachtungen zur Verfügung.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Querschnitt vom Stirnfortsatzende eines abgeworfenen Geweihes vom Hirsch (cervus dama). In der mit mikroskopischen Lacunen versehenen Ausbuchtung münden Gefässkanäle mit unversehrten Wandungen aus.

Fig. 2. Auch innerhalb der kleinen Gefässkanäle hat die Resorption begonnen.

Fig. 3. Lacunen, mit junger Bindesubstanz erfüllt.

Fig. 4. Bruchstück vom Seitenbein einer Spitzmaus mit den Eigenschaften des spongiösen Knochengewebes in Beziehung auf Vertheilung von Zellen und Zwischensubstanz.

Fig. 5. Querschliff von einem Stirnbeinhöcker des Edelhirsches, in welchem die schon mit blossem Auge sichtbaren, bei auffallendem Licht weiss erscheinenden Ringe um die Gefässkanäle auftreten; in Canadabalsam. Bei schwacher Vergrösserung gezeichnet.

Fig. 6. Dasselbe Präparat bei starker Vergrösserung. In die Knochenkörperstrahlen ist der Canadabalsam eingedrungen, zum Theil auch in die Knochenkörper selbst, welche zumeist ungewöhnlich gross erscheinen.

Fig. 7. Knochensplitter vom oberen Ende des Metacarpalknochens des Daumen vom Menschen mit Lacunen, die nicht von Knochenkörpern ausgehen. Die fünf dunklen Stellen sind Querschnitte von Höhlen, in denen Knorpelzellen lagen.

Fig. 8. Längsschnitt von demselben Theil des Metacarpalknochens, wo die Knorpelzellen zu mehreren hinter einander liegen. Der Knochen war zuvor mit Salzsäure behandelt behufs Entfernung der Knochenerde.

Ueber die Nervenendigung in den sogenannten Schleimkanälen der Fische und über entsprechende Organe der durch Kiemen athmenden Amphibien.

Von

Franz Eilhard Schulze aus Rostock.

(Hierzu Taf. XX.)

Im Organisationsplane ausschliesslich im Wasser lebender Wirbelthiere scheint der Besitz gewisser am Kopfe, an der Seite des Rumpfes und des Schwanzes vertheilter Organe zu liegen, welche bei den Fischen unter dem Namen des Seiten- oder Schleimkanalsystemes schon längst bekannt und vielfach untersucht, bei den durch Kiemenathmung zum beständigen

Aufenthalte im Wasser gezwungenen Amphibien[1]) theils noch gar nicht gekannt, theils ganz falsch gedeutet, bei den beständig im Wasser lebenden Säugethieren (Cetaceen) endlich nur erst von einzelnen Forschern[2]) bemerkt sind.

Die Bedeutung dieser eigenthümlichen Organe ist für die Fische zuerst durch die trefflichen Untersuchungen Leydig's[3]) wenigstens im Allgemeinen festgestellt.

Während man vor ihm dieselben fast durchgängig als einen die Hautoberfläche des Fisches mit Schleim überziehenden Drüsenapparat ansah, wies er ihre nervöse Beschaffenheit nach und erklärte sie für besondere, den Fischen eigenthümliche Sinnesorgane.

Nicht so gut ging es den durch Kiemen athmenden Amphibien. Bei ihnen werden noch bis heute die genannten Organe als absondernde Drüsen beschrieben.[4])

Bei den Cetaceen endlich begnügte man sich, ihre Aehnlichkeit mit den Schleimkanälen der Fische anzudeuten.

Was bei den Fischen zuerst zu der Erkenntniss einer tieferen Beziehung des sog. Schleimkanalsystemes zum Nervensystem führte, war die in der That auffallende Menge der in jene Gebilde eindringenden Nerven. Ursprung und Verlauf derselben sind schon vor der oben erwähnten Arbeit Leydig's und nach derselben noch genauer durch Stannius untersucht und beschrieben.

Es ist nicht meine Absicht, hier die einzelnen Resultate jener Untersuchungen anzuführen; diese mögen in den betreffenden Schriften[5]) selbst nachgesehen werden; nur will ich erwähnen, dass die Nerven, welche zu den am Kopfe und zwar

---

1) Es gehören hierher die Larven der *Gymnophiona*, *Batrachia* und *Myctodera*, die *Derotremata* und *Perennibranchiata* während des ganzen Lebens.

2) Conf. Leydig: Lehrbuch der Histologie, S. 109.

3) Leydig: Ueber die Schleimkanäle der Knochenfische. Müller's Archiv, 1850, S. 170 ff.

4) Stannius, Handbuch der Zootomie II. Aufl. Amphibien, S. 86.

5) Stannius, das peripherische Nervensystem der Fische, 1849, und Stannius, Handbuch der Zootomie, Fische. II. Aufl., 1854.

reihenweise über und unter dem Auge, auf dem Kiemendeckel, in der Temporalgegend und auf dem Unterkiefer gelegenen Organen der genannten Art führen, aus der Bahn des N. trigeminus, diejenigen, welche zu den an der Seite des Rumpfes und des Schwanzes liegenden sich vertheilen, aus der Bahn des N. vagus hergeleitet sind.

Die nämlichen Verhältnisse finden sich auch bei den durch Kiemen athmenden Amphibien; und zwar sind dieselben für *Proteus* und für die Larven der *Batrachia* und *Myctodera* schon im Jahre 1843 sehr genau in der ausgezeichneten Arbeit[1]) von J. G. Fischer beschrieben, auch für die *Derotremata* und *Perennibranchiata* grösstentheils schon seit lange bekannt.

Die ersten genaueren, auch die Histologie berücksichtigenden Untersuchungen über den Bau der sogenannten Schleimkanäle selbst, gab Leydig[2]) für die Fische. Er schildert die gröberen Verhältnisse zunächst für den Kaulbarsch folgendermaassen: „Der Kaulbarsch zeichnet sich bekanntermaassen durch zahlreiche Vertiefungen am Kopfe aus, welche alle in der Richtung der Schleimkanäle liegen und dadurch entstehen, dass regelmässig die obere und vordere knöcherne Wand des Schleimkanales rundliche Löcher besitzt, über welche nur die äussere Haut eine Vertiefung bildend weggeht. Zieht man nun einem frischen Kaulbarsche die Haut z. B. des Unterkiefers vorsichtig ab und betrachtet so mit der Lupe durch die freigelegten 4 Oeffnungen das Innere des Schleimkanales, so gewahrt man, dass von den längs des Unterkiefers verlaufenden Nerven für je eine Oeffnung ein Nervenstämmchen in den Schleimkanal tritt, das sich etwas verbreitend mit einem knopfförmigen, gelblichen, $^1/_4{}'''$ grossen Körper endet."

Diese „Nervenknöpfchen" nun machen den wichtigsten Theil des ganzen Organes aus. In ihnen sind die Endapparate der zuführenden Nerven zu suchen. Nach Leydig bestehen sie aus einem bindegewebigen, mit einem engen Blutcapillarnetze

1) J. G. Fischer: Amphibiorum nudorum neurologiae, Berolini 1843.

2) Leydig: Ueber die Schleimkanäle der Knochenfische (Müller's Archiv, 1850, S. 175) und Leydig: Lehrb. d. Histologie, 1857, §. 184.

versehenen Stroma, in welchem sich die Nervenfasern, nachdem sie eine häufige Theilung erfahren haben, verzweigen und gegen die Peripherie des Organes ausstrahlen. Hier sollten sie früher in Schlingen enden; nach wieder aufgenommenen Untersuchungen will der Verfasser die Endung indessen so formuliren, dass die Fasern über die scheinbaren Schlingen hinausgehen und zuletzt, fein zugespitzt, mitunter scheint es ihm auch, wie mit einer kleinen zelligen Anschwellung, aufhören. Den ganzen Nervenknopf überzieht nach dem genannten Forscher eine Lage von auffallenden Zellen, welche blass, sehr lang und schmal sind, und die nach Aussehen und Gruppirung den Retinastäbchen ähneln. Zwischen ihnen scheinen ihm die Nervenfasern zu enden.

Zu Untersuchungen über diesen Punkt, welche ich im Laufe dieses Sommers angestellt habe, benutzte ich dieselben jungen Barsche (*Perca fluviatilis*), welche ich schon als ein für das Studium der Gehörnervenendigung recht brauchbares Object kennen gelernt hatte und fand hier folgende, höchst interessante Verhältnisse.

Bringt man ein 6—12 mm. oder etwas darüber langes Fischchen, ohne es, was wohl zu beachten, aus dem Wasser herausgenommen zu haben[1]), durch den gelinden Druck eines grossen Deckplättchens von Oben und von der Seite etwas breitgepresst unter das Mikroskop, so sieht man an allen denjenigen Stellen, wo die sog. Schleimkanäle liegen, eigenthümliche, in Mitte mit einer Concavität versehene, zellige Hügel und aus dieser Concavität eine Menge starrer parallel stehender Haare in das umgebende Wasser hinausragen, welche Haare mit den in den Ampullen des Gehörorganes beschriebenen ziemlich übereinstimmen. Am Schönsten sieht man sie von der Seite am Kopfe und zwar ist es besonders eine zwischen dem Auge und Gehörorgane liegende Stelle, an welcher sie sich leicht auffinden lassen. Hier habe ich ihre Länge bei einem etwa

---

1) Am Besten hebt man das Thierchen in einem grossen Wassertropfen etwa mit einer Glasröhre oder Pipette aus dem Behälter heraus und lässt den Tropfen sammt seinem Bewohner auf den Objectträger fallen.

12 mm. langen Fischchen zu 0,012—0,0155 mm. bestimmt. An der Linea lateralis und auf der Schwanzflosse kann man sie natürlich nicht ganz im Profil zu sehen bekommen. Hier erscheinen sie, im Falle man gerade von oben, also auf die Spitzen der Haare sieht, als je nach der Einstellung helle oder dunkle Pünktchen; sieht man etwas schräge auf sie, so kann man von den hell aufleuchtenden Punkten, den optischen Querschnitten der Haare dunkle oder helle Linien nach der Tiefe und nach Oben zu abgehen sehen.

Bei der Ansicht gerade von Oben ist es nicht schwer, die Haare zu zählen, und man überzeugt sich, dass ihre Zahl sehr differiren kann. Bei 6—10 mm. langen Barschen habe ich gewöhnlich auf einem Hügel 30—50 gefunden. Bei der Profilansicht erkennt man, dass jeder dieser Haarbüschel von einer breiten, zarten, hyalinen Röhre, welche gewöhnlich 2—3 Mal länger als die Haare gemessen wird (bei 15—20 mm. langen Thieren fand ich sie 0,06 mm. lang), eingeschlossen ist.

Diese glashelle Röhre geht von dem äusseren scharfen Rande der Concavität des Hügels ab, steht senkrecht zur Oberfläche des Fisches und scheint im frischen, ganz normalen Zustande überall gleich weit oder auch wohl am äusseren Theile etwas weiter als am medianen zu sein; wenigstens habe ich sie bei möglichst unversehrten Thieren meist parallelrandig, zuweilen auch nach Aussen etwas trichterförmig sich erweiternd gefunden. Bei Fischen, welche irgendwie unzarte Behandlung erfahren hatten, also etwa einige Zeit aus dem Wasser entfernt waren oder, wie dies beim Tragen in Gläsern oder Flaschen leicht geschieht, stark geschüttelt waren, findet man dagegen diese, gegen chemische Einwirkungen ziemlich resistenten Röhren selten unversehrt. Sie sind dann entweder ganz abgerissen, ganz oder theilweise collabirt, gefaltet, gedreht u. s. w., so dass man die verschiedensten Bilder erhalten kann. Uebrigens überzeugt man sich in solchen Fällen leicht davon, dass diese Röhren nicht etwa so starr wie die in ihrem Lumen stehenden Haare sind, indem man sie bei geringen Bewegungen des Wassers sich biegen, hin und her flottiren sieht. Nach Aussen zu scheinen sie einen ziemlich scharfen Rand zu besitzen. In der

Ansicht von Oben, also bei den Hügeln der Linea lateralis und besonders der Schwanzflosse, fällt der optische Querschnitt dieser Röhren oder ihr Endrand als heiligenscheinartige, um die Haare oder deren gedachte Verlängerung herumlaufende Linie auf.

Was nun den unstreitig später zum sogenannten Nervenknopf des Schleimkanales werdenden[1]) Hügel betrifft, so besteht dessen oberste Schicht aus in früherer Zeit rundlichen, später cylinderförmigen Epithelialzellen. In den tieferen Schichten sehe ich rundliche, meist durch einen körnigen Inhalt etwas undurchsichtige Zellen, die ich für junge Bindegewebszellen halte. Zwischen diese letzten Zellen nun sieht man bei Fischen von gewissem Entwicklungsstadium (15 mm. und darüber) von den auf den Hügel zulaufenden Nerven scharf contourirte Nervenfasern eintreten und nachdem sie (nur etwas schmäler geworden) zwischen diesen Bindegewebs-, dann auch zwischen den Epithelzellen hindurch gegangen, mittelst einer konischen Verschmälerung in jene oben erwähnten Haare übergehen. Am Besten überzeugt man sich von diesem Verhalten, wenn man an einem Hügel des Kopfes zunächst ein einziges Haar scharf fixirt und dann ganz allmählig dessen Fortsetzung nach Innen zu verfolgt. Dabei erkennt man als

---

1) Diesen Vorgang habe ich später, während meines Aufenthaltes an der See, an jungen, 20—30 mm. langen Schollen (*Pleuronectes Platessa*) beobachten können. Auf der Schwanzflosse dieser Thiere stehen die jene Haare tragenden und auch mit einer hyalinen Röhre versehenen Hügel in einer Reihe zwischen den beiden mittelsten Knorpelstrahlen. Durch allmähliges Dickenwachsthum der Strahlen und starke Wucherung der dicht an denselben liegenden Hautparthie wird aber bald in der Mitte zwischen den beiden Knorpelstrahlen eine Rinne gebildet. Indem nun die Ränder dieser Rinne sich noch mehr erheben und darauf, sich lippenartig immer gerade über einen Hügel an einander legend, mit einander verwachsen, während stets in der Mitte zwischen zwei Hügeln eine Oeffnung nach Aussen übrig bleibt, entsteht das System der sogenannten Schleimkanäle. Durch die bei den ganz jungen Schollen hinreichend durchscheinende Decke eines solchen Kanales lässt sich nun noch sehr gut der mit seinen eigenthümlichen, in das Lumen des Kanales hineinragenden Haaren besetzte Hügel, der Nervenknopf Leydig's erkennen.

Basis des Haares zunächst einen konischen Höcker, der noch über die Epithelialoberfläche hinausragt und bei Ansichten von Oben als eine bei Veränderung der Einstellung stark aufleuchtende Stelle erscheint, diesen kleinen Kegel aber wiederum als die Verschmälerung einer zwischen den Epithelzellen liegenden, meist recht gerade verlaufenden, stets sehr deutlich sichtbaren, scharf contourirten Nervenfaser.

Am Schwierigsten hält es, die directe Fortsetzung diese zwischen die etwas undurchsichtigeren Bindegewebszellen eindringenden Fasern in die bis auf den Hügel zulaufenden Nervenfasern zu sehen, indessen ist mir dies mehrmals sowohl am Kopfe als auf der Schwanzflosse besonders in der Nähe des Hügelrandes vollständig gelungen. Ausserdem ist auch gerade dieser Zusammenhang schon von Leydig bei erwachsenen Fischen gesehen und abgebildet.[1])

Ich deutete oben an, dass ich denjenigen Organen, welche bei den durch Kiemenathmung zum beständigen Aufenthalt im Wasser gezwungenen Amphibien an derselben Stelle, wo sich bei den Fischen die sog. Schleimkanäle finden, vorkommen, auch dieselbe Bedeutung vindicire, wie den ihnen correspondirenden der Fische. Die Untersuchungen, durch welche ich zu dieser Annahme geführt bin, wurden hauptsächlich an Tritonen- und Batrachier-Larven, den mir hier in Bonn einzig lebend zu Gebote stehenden Repräsentanten der durch Kiemen athmenden Amphibien ausgeführt. Sie ergaben folgende Resultate: An den den Schleimkanälen der Fische entsprechenden Stellen zeigen sich bei den Tritonenlarven dieselben zelligen Hügel, die wir dort kennen gelernt haben. Auch sie bestehen aus einer bindegewebigen Grundlage und einer dieselbe bedeckenden Schicht von in der frühesten Jugend rundlichen, später zu länglichen Cylindern werdenden Zellen, und zeigen an ihrer Spitze eine Concavität, aus welcher gleichfalls starre

---

1) Leydig: Lehrbuch der Histologie, S. 57, Fig. 31. Die von Leydig allerdings als nicht ganz sicher gesehen bezeichneten zelligen Anschwellungen der Nervenfasern an der äusseren Grenze des Epithels habe ich niemals wahrnehmen können.

Haare, von der nämlichen zarten, ca. 0,06 mm. langen hyalinen Röhre umgeben, in's Wasser hineinragen.

Die Hügel sind besonders bei grösseren Larven von weiten, eine homogene, klare Flüssigkeit enthaltenden Hohlräumen umgeben, welche rings um den Hügel die Haut zu einem Walle auftreiben.

Was nun zunächst die Haare betrifft, so zeigen sie durchschnittlich dieselbe Länge, wie diejenigen der Fische. Ich fand sie im Durchschnitt 0,0100—0,0153 mm. lang. Ihre Zahl dagegen ist stets eine weit geringere; ich habe meist nur 4—8 auf jedem Hügel gesehen. Auch sie stehen parallel und scheinen von derselben Starrheit zu sein, wie die der Fische. Die kleinen Kegel, in welche auch sie an ihrer Basis übergehen, stehen, wie man sich bei der Ansicht von Oben, etwa am Schwanze leicht überzeugen kann, stets zwischen den Epithelzellen.

Leider lässt sich nun wegen der grossen Undurchsichtigkeit jener den Hügel überkleidenden Epithelzellen, von den bei den Fischen durch den Hügel hindurch verfolgten Nervenfasern, welche hier ohnedies nicht scharf contourirt sind, durchaus nichts Genaues sehen. Ich suchte deshalb zunächst die Nerven beim Eintritt in die Hügel so weit als möglich zu verfolgen und fand, dass der Nerv[1]) stets bis in die Mitte des Hügels eindringt, also stets den Haaren gerade gegenüber liegt, so dass meistens seine Axe mit derjenigen der mittleren Haare zusammen fällt.

Besonders schön lässt sich dies in Ansichten von Oben auf den Hügel erkennen, wie man sie am Klarsten bei 8—13 mm. langen Larven an jenem Aste des Ramus lateralis vagi haben kann, der sich ungefähr in der Gegend der hinteren Extremität abzweigt und als ein Rückenast nach Oben und Hinten verläuft. Verfolgt man hier eine einzelne Nervenfaser, so sieht

1) Bei *Triton*-Larven dringt jedes Mal nur eine breite, aber in dem jugendlichen Zustande, den ich vor mir hatte, wenigstens nicht scharf contourirte Nervenfaser in den Hügel ein. Dieselbe zeigt von Zeit zu Zeit lange zellige kernhaltige Anschwellungen, die wohl als für die Genese der Nerven wichtige Elemente anzusehen sind.

man sie ungefähr in derselben Ebene bis unter die Mitte eines Hügels verlaufen, wo man dann plötzlich gerade unter den lothrecht darüber stehenden Haaren den optischen Querschnitt des Nerven erkennt; es muss also der Nerv sich hier nach Oben umbiegen und in die Mitte des Hügels eindringen. Von dem zwischen dem letzten wahrnehmbaren Ende des Nerven und jenen beim Heben des Tubus stark aufleuchtenden Punkten, welche den optischen Querschnitt der Haare und besonders ihrer Basalparthie repräsentiren, kann man nun, wie gesagt, Nichts weiter sehen, als dass an dieser Stelle eben keine der bekannten Cylinderepithelzellen liegen.

Wenden wir uns jetzt zu den Batrachiern. Ich habe zur genauen Untersuchung der hier in Rede stehenden Verhältnisse die recht durchsichtigen Larven von *Bombinator igneus* gewählt, und bei denselben trotz der immer noch weit stärkeren Pigmentirung dieser Thiere im Allgemeinen das Nämliche gefunden wie bei den Tritonenlarven. Nur waren die aus den Hügeln hervorragenden Haare etwas länger. Am Kopfe eines 12 mm. messenden *Bomb. igneus* fand ich sie 0,024 mm. lang.

Als Repräsentant der während des ganzen Lebens mittelst Kiemen athmenden Amphibien diente mir ein in Spiritus aufbewahrtes Exemplar von *Menopoma alleghanense.* Ich erhielt dasselbe zur Untersuchung durch die Güte des Herrn Prof. M. Schultze, dem ich für die grosse Freundlichkeit, mit welcher er mir nicht nur alle nöthigen Litteraturhülfsmittel zu Gebote stellte, sondern mich auch sonst überall mit Rath und That unterstützte, meinen herzlichen Dank zu sagen mich verpflichtet fühle.

An Schnitten, welche senkrecht durch die schon bei oberflächlicher Betrachtung sehr in die Augen fallenden, am Kopfe und an der Seite des Rumpfes bis auf den Schwanz gelegenen Hügel mit mittlerer Concavität geführt waren, zeigte sich im Grunde jener Aushöhlung wiederum eine kopfartige, mit Cylinderepithelzellen bedeckte Erhabenheit, in welche ich Nerven eintreten sah[1]. Auch glaube ich, dass eigenthümliche, aus

1) Ein ähnliches Bild sah M. Schultze bei *Petromyzon* an den eigenthümlichen Grübchen der Kopfhaut. Vergl. dieses Archiv, 1861, Taf. V, Fig. 5.

feinen, neben einander liegenden Fasern gebildete Büschel, welche ich von der Oberfläche der Epithelialbekleidung frei in die umgebende Flüssigkeit hinaus ragen sah, nur als, durch die Einwirkung des Spiritus geronnene und theilweise verklebte Haare der oben beschriebenen Art gedeutet werden können.

Ueber die bei den Cetaceen gefundenen, „den Schleimkanälen ähnlichen" Organe etwas Sicheres zu ermitteln, fehlte mir leider jegliche Gelegenheit.

Es ist also für die Fische ganz sicher, für die Tritonen und Batrachierlarven so gut wie gewiss, für die durch lebenslängliche Kiemenathmung zum Aufenthalte im Wasser bestimmten Amphibien wenigstens bis zur höchsten Wahrscheinlichkeit der Besitz von Organen erwiesen, welche sich durch ihren feineren Bau, ganz besonders durch die eigenthümliche Endigungsweise der ihnen zukommenden Nerven als besondere Sinnesorgane documentiren.

Dasselbe hat für die Schleimkanäle der Fische schon Leydig behauptet; indessen sagt er selbst (nachdem er über die, mit den Schleimkanälen meiner Ansicht nach ziemlich identischen, becherförmigen Organe, die er als Tastwerkzeuge deutet, gesprochen), dass es höchst schwierig, wenn nicht vor der Hand geradezu unmöglich sei, über die Function des sogen. Schleimapparates eine bestimmte Vorstellung zu gewinnen. — Jetzt, nachdem wir den eigenthümlichen Bau der in demselben liegenden Nervenapparate kennen gelernt haben, dürfte es vielleicht möglich sein, eine mehr exacte Vorstellung über die Function jenes Organsystemes zu gewinnen.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. I. Ein dem Nervenknopfe eines Schleimkanales entsprechender Hügel am Kopfe eines 12 mm. langen Barsches (*Perca fluv*). Die Vergrösserung ist eine 320fache. aa die zuführenden Nerven; bb die zwischen den Epithelzellen liegenden Nervenfaserenden, welche sich direct in die Haare fortsetzen; c die hyaline Röhre.

Fig. II. Eine dem Nervenknopfe eines Schleimkanales entsprechende Stelle auf der Schwanzflosse eines 16 mm. langen Barsches (*Perca fluv*). Die Vergrösserung ist eine 320fache. a der unter dem Zellenhügel hinlaufende, theilweise in denselben eindringende Nerv; bb die Nervenfasern in ihrem Verlauf zwischen den Epithelzellen; c optischer Durchschnitt der die Haare umgebenden hyalinen Röhre; dd Knorpelstrahlen der Schwanzflosse.

Fig. III. Linke Hälfte des Kopfes, von einer 10,6 mm. langen, sehr durchsichtigen *Triton taeniatus*-Larve, von Oben gesehen. Die Vergrösserung ist eine etwa 90fache. a Auge; b Gehörorgan, und zwar *αα* Otolithenhaufen, *βββ* Hohlräume der Ampullen, *γγ* Cristae acusticae mit Haaren; c Haufen von Ganglienzellen, wahrscheinlich das Ganglion trigemini, welches Fischer in seinem Amphibiorum nudorum neurologiae (Tab. II, Fig. 3) beschreibt; d ein supraorbital verlaufender, scheinbar aus dem Ganglion trigemini entspringender Nerv; e ein infraorbital verlaufender, sicher aus dem Ganglion trigemini kommender Nerv; f ein in der Temporalgegend sich ausbreitender, aus dem Ganglion trigemini kommender Nerv; ggg die aus f stammenden, zu den einzelnen Hügeln (hhh) tretenden Nerven; k Kiemen.

Fig. IV. Rechte Seite des Schwanzes von einer 15 mm. langen *Triton taeniatus*-Larve. Die Vergrösserung ist eine etwa 90 fache. a hinterer Extremitätenhöcker; bb Ramus lateralis vagi, läuft bis x dicht unter der Haut, über den Muskeln, tritt von da an unter die obersten Muskelbündel; c der Ramus dorsalis des lateralis vagi; ddd die eigenthümlichen Zellenhaufen, in welchen die Nerven, in jeden eine Nervenfaser, eintreten.

Fig. V. Vom Kopfe einer etwa 10 mm. langen *Triton taeniatus*-Larve. Die Vergrösserung ist eine etwa 400fache. a Auge; b einer jener zelligen Hügel, aus dessen äusserer Concavität die von einer durchsichtigen Röhre (c) umgebenen Haare hervorragen; d die in den Hügel eintretende Nervenfaser; ee die blasig aufgetriebenen Hohlräume um den Zellenhügel.

Fig. VI. Ende des Ramus dorsalis nervi lateralis vagi von einer 15 mm. langen *Triton taeniatus*-Larve. Die Vergrösserung ist eine 320fache. aa Nervenfasern mit den eigenthümlichen zelligen Anschwellungen bb; cc die Zellenhaufen; dd die optischen Querschnitte der Haare und ihrer konischen Basaltheile.

Fig. VII. Ende des Ramus dorsalis nervi lateralis vagi von einer 12 mm. langen *Triton taeniatus*-Larve. Die Vergrösserung ist eine 320fache. a Nervenfaser; b Zellenhaufen bei gehobenem Tubus.

Fig. VIII. Derselbe Zellenhaufen von Fig. VII, b, bei gesenktem Tubus. a optischer Querschnitt der in den Hügel eintretenden, sich in die Höhe biegenden Nervenfaser.

Ueber den Einfluss des Vagus auf die Magenbewegung.

Von

J. Ravitsch, Magister der Thierheilkunde.

Wenige Gegenstände der Physiologie sind so vielfach besprochen und untersucht worden, wie die Frage über den Einfluss des Vagus auf die Verdauung. Dessenungeachtet ist man bis jetzt noch zu keinem endgültigen Resultat gelangt. Uebersieht man alle Versuche, welche seit langer Zeit zur Lösung dieser Frage ausgeführt worden sind, so ergiebt sich, dass man fast einstimmig die Secretion des Magensaftes von der Vagusinfluenz emancipirt hat, während die Abhängigkeit der Magenbewegung von diesem Nerven immer noch einen Streitpunkt in der Physiologie ausmacht.

So haben J. Müller und Dieckhof bei ihren Versuchen schon bemerkt, dass nach der Trennung beider Vagi die Fortbewegung der Futterstoffe aus dem Magen in's Duodenum aufhöre, dass der Speisebrei dabei aber, wenn auch nicht so stark, wie bei gesunden Thieren, doch noch immer sauer reagire (Müller's Physiologie, 1. Bd., S. 458). — Longet ging noch weiter und behauptete, dass die Secretion des Magensaftes nur indirect vom Vagus abhänge, dadurch nämlich, dass er die Magenbewegung hervorrufe, welche dieselbe begünstige (Longet Anat. du Syst. nerv., T. III, p. 346). Bernard hat ebenfalls aus seinen Versuchen die Paralyse des Oesophagus und des Magens nach Durchschneidung beider Vagi constatirt (Leçons sur le système nerveux, II, p. 415); während Edwards nur die Paralyse des ersteren gesehen hat.

In neuerer Zeit hat Hartung bei seinen Versuchen an Schafen gesehen, dass Reizung des Vagus sehr starke Contractionen des Magens hervorrufe. Reizt man diesen Nerven elektrisch, so verkleinert sich die Haube bis auf $^1/_3$ und noch weniger, und zwar erfolgt diese Contraction eben so rasch, wie die Verkürzung quergestreifter Muskeln nach der Erregung ihrer Bewegungsnerven (Hartung: Ueber den Einfluss des Nervus vagus auf die Bewegungen des Magens der Wiederkäuer, Giessen 1860).

Andererseits aber hat schon Magendie die Abhängigkeit der Magenbewegung vom Vagus geläugnet. Später haben

Bidder und Schmidt behauptet, dass auch nach der Durchschneidung beider Vagi die Speisen noch aus dem Magen in's Duodenum übergeführt werden (Die Verdauung, S. 90). — In demselben Sinne behauptet auch Ludwig (Physiologie, 2. Bd., S. 396), dass die Musculatur des Magens die Anregung zur Bewegung nur theilweise vom Vagus empfange. Dieser aber beherrscht nicht alle Muskeln, da man auch nach Durchschneidung desselben noch Zusammenziehungen eintreten sieht. Nach Donders (Phys., S. 303) hat Reizung des Vagus keine Contractionen des Oesophagus und Magens zur Folge. Nach Durchschneidung des Vagus erfahren die Bewegungen des Magens keine Störungen; es gelangen aber auch keine Speisen in denselben, weil der untere Theil des Oesophagus gelähmt wurde. — Nach Kritzler (Dissertation über den Einfluss des Nervus vagus auf die Beschaffenheit der Secretion der Magendrüsen etc, Giessen 1861) soll nach Durchschneidung beider Vagi am Foramen oesoph. schon nach 5 Stunden der Magen leer gefunden werden. Endlich hat Schiff in seiner letzten Arbeit über den Einfluss des Nervus vagus auf die Magenthätigkeit (Bern 1860) auf das Bestimmteste behauptet, dass die Vagustrennung an beliebiger Stelle nie die Magenbewegung schwäche, wie man sich davon an Hunden mit Magenfisteln leicht überzeugen könne.

Eine solche Controverse in Betreff einer Thatsache ist wohl schwer zu erklären und muss in jedem Forscher den Wunsch rege machen, durch eigene Experimente von der Richtigkeit dieser oder jener Angabe sich zu überzeugen. Das war auch der Ausgangspunkt folgender Versuche, die seit zwei Jahren von mir an verschiedenen Orten (im Veterinär-Institute der St. Petersburgischen medico-chirurgischen Akademie, wie in dem physiologischen Laboratorium in Berlin und im pathologischen Institute daselbst) ausgeführt worden sind. Die Veröffentlichung dieser Versuche geschieht aber nicht etwa in der Absicht, durch dieselben eine völlige Lösung der Frage zu bieten, sondern nur um den Weg zu einer solchen Lösung anzuzeigen.

Ehe ich aber zur Darlegung der Versuche übergehe, muss ich zuerst bemerken, dass zur Bestimmung der Abhängigkeit der Magenbewegung vom Vagus ganz gleichgültig sei, wo die Trennung desselben vom Centrum unternommen wird. Denn wäre auch die Angabe von Pincus richtig, dass die Vagustrennung am Foramen oesoph. ein ganz anderes Resultat gebe, als die Durchschneidung dieses Nerven am Halse, was übrigens durch die Versuche von Schiff und Kritzler schon widerlegt worden ist; so bewiese diese Thatsache ja nur, dass der Vagus in der Brusthöhle sympathische Fasern aufnimmt. Die Function der eigenthümlichen Vagusfasern aber muss an jeder beliebigen Stelle des Verlaufes derselben sich gleich bleiben.

Die Hauptfragen, welche durch folgende Versuche beantwortet werden sollten, waren:

1) Hängt die Bewegung des Magens vom Vagus ab oder nicht?
2) Wird die Magenbewegung nur vom Vagus beherrscht, oder theilt derselbe diese Herrschaft noch mit einem anderen Nerven?

Diese Fragen konnten nun auf verschiedenen Wegen beantwortet werden und zwar 1) durch Aufhebung der Vagusinnervation, also auf negativem Wege, 2) durch Reizung des Vagus, d. h. auf positivem Wege.

Den ersten Weg haben die meisten früheren Physiologen eingeschlagen, der zweite ist nicht so häufig und am meisten in letzterer Zeit betreten worden. Will man dem Einen vor dem Anderen den Vorzug ertheilen, so glaube ich, müsste der Erstere denselben erhalten. Denn auch gegen die positivsten Resultate der Vagusreizung liesse sich noch immer einwenden, dass die durch dieselbe hervorgebrachte Bewegung des Magens so zu Stande komme, dass die Vagusäste den Reiz den sympathischen Nerven mittheilen und erst durch dieselben die Contraction der Magenmusculatur hervorrufen. Dieser Einwurf konnte nur dadurch widerlegt werden, dass man, ehe die Vagusreizung unternommen wurde, erst die Innervation des Sympathicus aufheben musste. Dieser Gegenbeweis ist aber noch wenig beachtet worden.

Sicherer und jeden Zweifel verbannend sind dagegen die erhaltenen negativen Resultate nach Durchschneidung der Vagi. Denn hört dann die Magenbewegung auf, so wird Niemand wohl die alleinige Herrschaft des Vagus in diesem Gebiete bezweifeln können. Es handelte sich nun darum, dieses Resultat zu constatiren, da es eben den Streitpunkt zwischen den genannten Experimentatoren ausmacht. — Demzufolge habe ich folgende Versuche ausgeführt.

1. Reihe.

1. Versuch. Einem an chronischer Lungentuberculose leidenden Pferde wurden beide Vagi am Halse durchschnitten. Vor der Operation hatte das Thier 65 Pulse und 30 Respirationen in der Minute. Nach der Operation stieg die Zahl der Pulse bis auf 105, die der Respirationen verminderte sich dagegen bis auf 10 in der Minute. Das Thier bekam einen sehr starken Durst, konnte aber nicht viel auf einmal trinken, weil beim Verschlucken beträchtlicher Portionen Wassers starke asphyktische Anfälle sich einstellten. Sonst hat das Thier im Verlaufe des ersten und zweiten Tages nach der Vagustrennung seine frühere Futterration verzehrt. Die Darm- und Harn-Excretionen boten auch nichts Abnormes dar.

Am dritten Tage erhielt das Thier eine Solution von 19 Gr. Strychn. nitric., aber ohne den mindesten Erfolg. Der Appetit war im Verlaufe des Tages etwas geschwächt worden.

Die Respirationsbeschwerde wurde dagegen mehr und mehr intensiver.

Am vierten Tage Morgens wurde das Thier durch den Nackenstich getödtet.

Bei der Section fand sich, ausser der älteren Tuberculose der linken Lungenhälfte, noch eine starke Hyperaemia beider Lungen und beträchtliche Oedeme derselben, welche der Vagustrennung zugeschrieben werden mussten. Von den Verdauungsorganen war der Oesophagus ganz leer und von normalem Umfange. Der Magen enthielt eine sehr kleine Quantität eines dickflüssigen, grünlich-braunen Breies, in dessen Mitte einige ganze Haferkörner lagen. Der Inhalt reagirte stark sauer.

Ich glaubte aus diesem Versuche schliessen zu dürfen, dass, bei Pferden wenigstens, die Magenbewegung wie die Secretion des Magensaftes unabhängig vom Vagus sei und auch nach der Trennung desselben vom Centrum noch fortbestehe. – Nur wusste ich nicht, wie ich das Ausbleiben der Strychnin-Wirkung mir deuten solle. Dass das Gift nicht im Magen liegen geblieben war, bewies folgender Versuch. Ich liess nämlich 2 Hunde den Magen nebst dem flüssigen Inhalt desselben verzehren; es traten aber bei beiden nicht die mindesten Zeichen der Strychninvergiftung ein.

2. Versuch. 2 Hunde von mittlerem Alter wurden mit einer gleichen Quantität von Fleisch (1 Pfd.) und Brod ($^1/_2$ Pf.) gefüttert; gleich darauf wurden bei einem derselben beide Vagi am Halse durchschnitten und der Oesophagus (um das Erbrechen zu verhindern) unterbunden. Beide Thiere wurden nun 24 Stunden ohne Futter und Getränk gelassen und am zweiten Tage getödtet. Die Section ergab folgendes Resultat: Bei dem nicht operirten Thiere war der Magen fast leer und enthielt nur eine sehr kleine Menge einer sauren schleimigen Flüssigkeit. Beim operirten Hunde dagegen war derselbe voll von einer zähen, dickflüssigen, graulich-weissen Masse, in deren Mitte noch viele Stückchen unverdauten Fleisches und Brodes lagen. Der ganze Inhalt reagirte stark sauer. — Die Verdauung war also durch die Vagustrennung gestört, und zwar hörte die Bewegung des Magens auf, während die Secretion desselben, nach der sauren Reaction des Inhaltes zu urtheilen, noch fortbestand.

3. Versuch. Derselbe Versuch wurde an 2 anderen Hunden wiederholt, nur mit der Modification, dass ich dieselben, statt mit Fleisch und Brod, mit Milch und Kartoffeln gefüttert habe. Auch dieser Versuch hat dasselbe Resultat ergeben. Ich fand auch hier bei dem nicht operirten Thiere den Magen fast leer, während bei dem operirten in demselben noch Stücke unverdauter Kartoffeln und geronnener Milch neben einer ziemlich bedeutenden Menge einer sehr sauer riechenden, weissen, dicken Flüssigkeit sich fand. Der Inhalt reagirte sehr sauer.

4. Versuch. Einer starken Katze wurden nach einer reichlichen Fütterung mit Fleisch beide Vagi am Halse durchschnitten und der Oesophagus (zur Verhinderung des Erbrechens) unterbunden. Nach 24 Stunden wurde das Thier getödtet. Ich fand nur einen kleinen Theil des genossenen Fleisches verdaut und in einen dicken, graulich-weissen Brei verwandelt, welcher sehr stark sauer reagirte. Die übrige Masse war unverändert. Also hat die Magenbewegung auch hier nach der Vagustrennung aufgehört; die Secretion des Magensaftes aber fortgedauert.

5. Versuch. Bei 2 Kaninchen, mittlerer Grösse, wurden nach einer reichlichen Fütterung mit gekochten Kartoffeln und Rüben beide Vagi am Halse durchschnitten. Die Thiere wurden nach der Operation ohne Futter und Getränk bis zum Tode gelassen, welcher bei dem einen nach 20, bei dem anderen nach 25 Stunden erfolgte. Der Magen war bei Beiden voll Futter, dessen äussere Schicht nur verdaut war. Der ganze Inhalt reagirte aber stark sauer. Dieser Versuch hat demnach die Resultate des vorigen bestätigt. Derselbe Versuch wurde noch an 3 anderen Kaninchen wiederholt. Die Resultate waren dieselben.

6. Versuch. 2 gleich grossen Fröschen wurde eine gleiche Zahl kleiner Stücke von Maikäfern in den Magen gebracht und dann einem derselben beide Vagi durchschnitten. Am folgenden Tage wurden beide Frösche getödtet und die Mägen untersucht. Bei dem Operirten lagen noch alle eingebrachten Stücke im Magen, während bei dem Anderen der Magen ganz leer war.

Dieser Versuch ist noch an vielen anderen Fröschen ausgeführt worden; einigen wurden Stücke von Goldkäfern, anderen Fleisch in den Magen gebracht und hernach beide Vagi durchschnitten. Die Resultate waren immer dieselben. — Die Bewegung des Magens hörte mit der Durchschneidung beider Nerven auf.

Es entstand nun die Frage: warum die Vagustrennung beim Pferde ohne Erfolg blieb? Anatomisch liess sich dieselbe nicht beantworten. Die Annahme aber, dass beim Pferde die Function des Vagus etwa eine andere sei, entbehrte jedes Grundes.

Ein Ausweg blieb zur Lösung dieser Frage übrig, die Annahme nämlich, dass die fortdauernde Nahrungsaufnahme bei dem operirten Pferde den örtlichen Reiz des Vagus unterhalten habe, wodurch die Magenbewegung fortdauerte. Gegen diese Hypothese liess sich a priori Nichts einwenden. Nur musste dieselbe auf experimentalem Wege erst erwiesen werden.

Ich stellte daher folgende Versuche an.

7. Versuch. 2 kräftigen Hunden wurden beide Vagi am Halse durchschnitten. Die Thiere schienen nach der Operation sehr stark angegriffen, erholten sich aber nach einigen Stunden völlig. Nun wurde einem derselben alle 3 Stunden ein Glas voll Milch in den Magen eingespritzt, im Ganzen 4 Glas.

Dem anderen brachte ich durch eine Magenfistel kleine Stücke Fleisch und gekochte Eier in den Magen, worauf die Oeffnung zugenäht wurde. Nach 24 Stunden wurden beide Thiere getödtet. Der Magen war bei Beiden fast leer und nur beim Zweiten fand ich noch ein paar Stückchen unverdauten Fleisches. Hier hat also die Magenbewegung Statt gefunden und zwar in Folge des örtlichen Reizes durch die aufgenommene Nahrung.

8. Versuch. Mehreren Fröschen wurde nach Durchschneidung beider Vagi das peripherische Ende derselben gereizt. Diese Versuche haben immer positive Resultate ergeben. Jede galvanische, chemische oder mechanische Reizung, welche den Herzstillstand hervorbrachte, rief zugleich auch starke Contractionen des Magens hervor.

9. Versuch. Einem Hunde wurden beide Vagi durchschnitten und der Oesophagus (zur Verhinderung des Erbrechens) unterbunden. Nach einer Stunde wurde die Ligatur abgenommen. Es erfolgte kein Erbrechen. Ich gab nun dem Thiere eine Solution von 10 Gr. Tart. emet. ein und nach ein paar Minuten zeigte sich ein starkes und anhaltendes Erbrechen.

10. Versuch. Damit aber das Letztere nicht etwa im Sinne Magendie's nur als Folge der Contractionen der Bauchmuskeln und des Zwerchfells gedeutet werde, modificirte ich den vorgehenden Versuch bei einem anderen Hunde dadurch, dass ich das Emeticum (Zincum sulph.) durch eine Oeffnung in den Magen brachte, den ich ganz aus der geöffneten Bauchhöhle herausgenommen habe. Dessenungeachtet trat auch hier ein starkes Erbrechen, wie im vorhergehenden Falle ein. Dasselbe Resultat erhielt ich noch bei 3 anderen Hunden.

Es war also zur Evidenz gebracht worden, dass örtliche Reize der Magenschleimhaut die Bewegung des Magens auch nach der Trennung beider Vagi vom Centrum noch hervorrufen können.

Folgende Versuche sollen aber diese Behauptung noch bekräftigen. Lange schon habe ich bei Sectionen kranker Thiere bemerkt, dass der Magen bei den Herbivoren ungeachtet der lange erhaltenen völligen Inanition immer voll gefunden wird. Neulich wurde ich auf denselben Befund bei verhungerten Kaninchen vom Herrn Dr. W. Kühne aufmerksam gemacht. — Ich behauptete, dass dies Verbleiben des Futters im Magen dieser Thiere eine Folge der mangelnden Vagusinnervation sein müsse. Da aber diese Voraussetzung bezweifelt wurde, so suchte ich dieselbe durch folgende Versuche zu constatiren.

2. Reihe.

1. Versuch. 2 Kaninchen wurden ohne Nahrung und Getränk 3 Tage gehalten. Am vierten Tage habe ich bei einem derselben den Vagus am Halse durchschnitten und mit

einem mittelstarken galvanischen Strom etwa $^1/_4$ Stunde lang mit Unterbrechungen gereizt. Dasselbe wurde auch am folgenden Tage wiederholt. Am sechsten Tage nach der letzten Fütterung wurden beide Thiere getödtet. Die Section bewies nun, dass bei dem operirten Thiere der Magen fast leer war; beim zweiten dagegen war derselbe voll von einer grünlich gelben, dicken Masse (die Thiere waren mit Gras gefüttert), welche aber stark sauer reagirte. Ein leicht angesäuerter, wässeriger Extract der Schleimhäute beider Magen löste Fibrincoagula auf und verwandelte dieselben in Pepton.

2. Versuch. Bei 2 anderen Kaninchen wurde der vorige Versuch mit der Modification wiederholt, dass ich dieselben gleich nach der letzten Fütterung Glasperlen verschlucken liess. Das operirte Kaninchen starb am fünften Tage. Der Magen enthielt bei ihm eine sehr unbedeutende Quantität eines dicklichen, sauer reagirenden Breies. Die Glasperlen waren in demselben nicht zu finden. Das nicht operirte starb am achten Tage nach der letzten Fütterung, sein Magen war voll Futter, in welchem ich alle eingegebenen Perlen wiederfand. Der Inhalt reagirte ebenfalls sauer, enthielt aber nur eine schwache Spur von Pepton. Die Schleimhäute beider Mägen lieferten wie im vorigen Falle eine stark verdauende Flüssigkeit.

Dieser Versuch ist noch an 4 anderen Kaninchen wiederholt worden. Die Resultate waren dieselben. Nur bei einem von denselben fand ich auch nach der Vagusreizung noch den Magen voll Futter. Dasselbe wurde aber nur schwach und nur einmal gereizt.

3. Versuch. Ein hungerndes Kaninchen liess ich täglich eine kleine Quantität von feuchtem Sande verschlucken. Es starb am siebenten Tage nach der letzten Fütterung. Bei der Section fand ich im Magen nur etwas Schleim mit einer kleinen Menge Sand. Der Inhalt reagirte stark sauer und aus der Schleimhaut liess sich eine stark verdauende Flüssigkeit erhalten.

4. Versuch. Einem zweiten hungernden Kaninchen wurde täglich eine kleine Portion einer concentrirten Kochsalzlösung eingegeben. Das Thier starb schon am sechsten Tage. Der Magen war ganz leer und enthielt nur etwas Schleim, welcher aber eine starke alkalische Reaction zeigte. Die letztere erfolgte durch die Entwickelung von Ammoniak, da die Section, bei sehr hoher Temperatur, erst 14 Stunden nach dem Tode gemacht worden ist. — Uebrigens hat die Reaction mit Salzsäure diese Voraussetzung hinreichend bestätigt.

Diese Versuche haben also ebenfalls bewiesen, dass Reizungen des peripherischen Endes der Vagusstämme, wie der Magenschleimhaut selbst, auch die schon sistirte Magenbewegung wieder hervorrufen und unterhalten können. Man kann also die Frage: ob der Vagus der motorische Nerv des Magens sei?

mit Bestimmtheit bejahen. Dagegen könnte aber noch behauptet werden, dass die Bewegungen des Magens durch die örtliche Reizung seiner Schleimhaut den sympathischen Fasern zugeschrieben werden können und dass also die motorische Function hier vom Vagus und Sympathicus getheilt werde.

Diese Behauptung wird aber leicht widerlegt, wenn man die Resultate aller bisher angeführten Versuche genau würdigt. Diese haben nämlich gezeigt, dass die Magenbewegung nie Hand in Hand mit der Secretion des Magensaftes gehe. Im Gegentheil haben wir gesehen, dass die letztere auch nach Aufhören der ersten noch lange bestehe. So hatten die Contenta des Magens bei Durchschneidung beider Nerven immer eine saure Reaction. Ebenso fehlte dieselbe niemals auch bei den verhungerten Thieren.

Ausser dieser Reaction, die man auch der einfachen chemischen Gährung der Nahrungsstoffe ohne Intervention des Magensaftes zuschreiben kann, liess sich aber mit den Schleimhäuten der Magen dieser Thiere noch eine künstliche Verdauung anstellen, welche unleugbar auf die Anwesenheit vom secernirtem Pepsin in denselben hindeuteten. Die Secretion hat also in allen diesen Fällen ohne Zweifel auch nach der Sistirung der Magenbewegung fortgedauert. Beide können daher unmöglich unter der Botmässigkeit eines und desselben Nerven stehen. Wenn also die Magensecretion, wie jetzt allgemein mit Recht angenommen wird, nur von der Innervation des Sympathicus abhängt, was auch keinem Zweifel unterliegen kann, da dieselbe auch nach der Trennung des Vagus vom Centrum noch fortbesteht, so kann gewiss die Bewegung des Magens von diesem Nerven nicht hervorgerufen werden. Sonst müsste ja dieselbe noch fortdauern, so lange die Secretion noch fortbesteht. — Uebt aber der Sympathicus keinen Einfluss auf die Magenbewegung aus, so müssen nothwendig die Bewegungen nach Reizung der Magenschleimhaut den Endzweigen des Vagus zugeschrieben werden, oder als idiomusculäre Contractionen ohne Nervenintervention gedeutet werden. Dass hier aber nur neuromusculäre Contractionen waren, wurde durch folgenden Versuch bewiesen.

5. Versuch. Einem mittelstarken Hunde wurden beide Vagi am Foramen oesoph. durchschnitten uud mit einem galvanischen Strom gereizt, worauf deutliche Contractionen und Einschnürungen des Magens auftraten. Nun wurde das Thier durch Einspritzung einer starken Dosis Curare in die V. jugul. vergiftet und die Respiration künstlich unterhalten. Nachdem wir uns überzeugt haben, dass galvanische Reizung der Vagi keine Contractionen des Magens mehr hervorbringe, wurde durch eine Oeffnung im Magen eine concentrirte Solution von Zinc. sulph. in denselben gebracht; es erfolgte aber kein Erbrechen, was doch nicht der Fall sein konnte, wenn die früher beobachteten Magenbewegungen durch örtliche Reize

nur als idiomusculäre gedeutet werden sollten. — Die Herzbewegungen dauerten bei dem vergifteten Hunde bei künstlicher Respiration noch eine lange Zeit fort.

Es unterliegt also keinem Zweifel mehr, dass die Contractionen des Magens nach Reizung seiner Schleimhaut nur der Action der Vagusendzweige zugeschrieben werden müssen. Umgekehrt ist man aber ebenfalls zum Schlusse berechtigt, dass das Verbleiben der Futterstoffe im Magen hungernder Kaninchen eben dem Mangel des natürlichen Reizes dieser Nerven zuzuschreiben sei. Wie schon bemerkt worden ist, habe ich dasselbe auch bei anderen verstorbenen Herbivoren nach langer Inanition bemerkt, was natürlich denselben Grund haben muss. Dagegen findet man bei den Carnivoren den Magen nach anhaltender Inanition gewöhnlich leer. Zur Erklärung dieses Umstandes muss man zu der Hypothese Zuflucht nehmen, dass bei den Herbivoren der vollständigen Verdauung wegen die Speisen länger im Magen verbleiben müssen und erst durch die Reizung der Vagusendzweige vermittelst der neu aufgenommenen Speisen aus demselben entfernt werden. Fehlt aber dieser Reiz (wie bei Inanition), so bleibt die Masse im Magen liegen. Wie wir gesehen haben, kann aber die Magenbewegung nicht nur durch neu aufgenommene Nahrungsmittel, sondern auch durch andere mechanische und chemische Reize der Magenschleimhaut wieder hervorgerufen werden. Es blieb nur noch die Lösung der Frage über den Einfluss des Vagus auf die Resorption im Magen übrig. Bei Untersuchung des Mageninhalts sowohl der verhungerten Thiere als nach der Durchschneidung beider Vagi habe ich kaum Spuren von Pepton in denselben finden können. Ich habe nun diese Massen einer künstlichen Verdauung unterworfen, erhielt aber ebensowenig Peptone aus denselben. Diese Massen bestanden also nur aus solchen Stoffen, welche vom Magensaft unverdaut geblieben, während die löslichen Stoffe aufgesaugt worden sind. Die Resorption hat also auch nach der Vagustrennung nicht aufgehört. Es lag nun ob, zu bestimmen, ob dieselbe nicht eine Veränderung in den Zeitverhältnissen erdulde. — Demzufolge sind folgende Versuche ausgeführt worden.

6. Versuch. Zwei Fröschen, deren Einem beide Vagi durchschnitten wurden, brachte ich in den Magen 10 Tropfen einer Strychninlösung ein. Beim nicht operirten stellte sich der Tetanus schon nach 3 Minuten ein, während er beim operirten erst nach 10 Minuten erfolgte. Derselbe Versuch ist dann bei mehreren anderen Fröschen gemacht worden, das Resultat war immer dasselbe. Die Vergiftung trat nach der Durchschneidung beider Vagi immer einige Minuten später als bei unverletztem Nerven ein.

7. Versuch. Einem Kaninchen brachte ich nach Durchschneidung beider Vagi einige Tropfen Ferrocyankalium in den Magen ein. Nach 15 Minuten war dasselbe noch weder im Blute noch

im Harne zu finden, während der Mageninhalt die bekannte Reaction auf Eisenchlorid gab.

Bei einem zweiten Kaninchen war erst nach 20 Minuten das Ferrocyankalium aus dem Magen verschwunden und im Harne nachweisbar.

Bei einem dritten endlich erst nach 25 Minuten, während bei unverletzten Nerven der Harn schon nach 2—3 Minuten dasselbe enthalten hat.

Die Resorption im Magen hört also nach Durchschneidung beider Vagi nicht auf, wird aber sehr bedeutend verlangsamt, wie es Bernard schon behauptet hat. Ich glaube, dass die Hauptursache dieser Verlangsamung der Resorption das Verbleiben der Futterstoffe im Magen sei. Erichsen nämlich (Lond. med. Gazette, Iune 1845) hat schon bemerkt, dass das Blutlaugensalz und andere Substanzen nicht so schnell in den Harn übergehen, wenn kurz vorher Speisen aufgenommen waren.

Fasst man nun also die Resultate der angeführten Versuche zusammen, so glaube ich, kann man mit Recht folgende Schlüsse aufstellen:

1) Der Vagus ist der einzige motorische Nerv des Magens.
2) Die Durchschneidung beider Vagi verursacht immer Sistirung der Magenbewegung.
3) Reizung des peripherischen Endes des durchschnittenen Vagus bringt starke Contractionen des Magens hervor.
4) Reizungen der Magenschleimhaut können auch nach der Trennung beider Vagi die Magenbewegungen unterhalten.
5) Die Aufhebung der Vagusinnervation hat keinen Einfluss auf die Magensecretion.
6) Bei Herbivoren scheint normal die Ueberführung der Futterstoffe aus dem Magen in den Darm nur durch Reizung der Endzweige des Vagus vermittelst der von Neuem aufgenommenen Futterstoffe zu erfolgen.
7) Die Resorption im Magen hört nach der Vagusdurchschneidung nicht auf, wird aber sehr verlangsamt, und zwar durch die Anhäufung der Futtermassen in demselben.
8) Das Gefühl des Hungers und Durstes ist vom Vagus ganz unabhängig.
9) Das Erbrechen kann durch die Contractionen des Magens auch ohne Beihülfe anderer Muskeln zu Stande kommen.

Aus diesen Schlüssen stimmen nur der 5. und 8. mit den Angaben Schiffs überein, während die übrigen in Betreff der Vagusfunction denselben widersprechen.

Schiff behauptet, aus seinen Versuchen den Schluss feststellen zu können, dass die Vagustrennung in beliebiger Stelle die Magenbewegungen nicht schwäche, und beruft sich auf die Beobachtung derselben bei Hunden mit Magenfisteln. Diese Thatsache, die schon von vielen Physiologen constatirt worden und von mir selbst im 7. Versuche der ersten Reihe ge-

sehen worden ist, beweist aber nur, dass der örtliche Reiz der Vagusendzweige noch Contractionen der Magenmusculatur auslösen kann, wie es bei jedem motorischen Nerven der Fall ist. — Niemand wird doch behaupten wollen, dass der Ischiadicus kein motorischer Nerv sei, desshalb weil nach Durchschneidung desselben örtliche Reize am Schenkel noch Contractionen der Muskeln desselben hervorrufen.

Die selbständigen Bewegungen des Magens bei dem Erbrechen, meint Schiff, werden durch die Vagusdurchschneidung nicht beeinträchtigt. Das Erbrechen gleich nach der Vagusdurchschneidung, welches übrigens nicht immer erfolgt, muss ohne Zweifel nur als Folge der Vagusreizung gedeutet werden und tritt ebenso auf, wie die Zuckung anderer Muskeln beim Durchschneiden ihrer motorischen Nerven. Später nach der Vagustrennung erfolgt kein spontanes Erbrechen, wenn kein Brechmittel in den Magen gebracht wird, oder wenn die Thiere nach der Operation kein Futter und Getränk erhalten. Tritt aber in einem oder dem anderen Falle Erbrechen ein, so muss es nur dem örtlichen Reize der intermusculären Vaguszweige zugeschrieben werden. Denn wäre noch ein anderer motorischer Nerv im Magen, so müssten die Futterstoffe, welche vor der Durchschneidung der Vagi in denselben gebracht worden sind, durch den Einfluss jenes Nerven auch nach der Operation in den Darm übergeführt werden, was doch nicht der Fall ist. Schiff erwiedert darauf, dass das längere Verweilen der Futterstoffe im Magen nach der Vagustrennung nur eine Folge der gestörten Verdauung sei. Man kann dagegen, und zwar wie ich glaube, mit mehr Recht behaupten, dass im Gegentheil die gestörte Verdauung erst die Folge der aufgehobenen Magenbewegung sei. Denn hört die Magenbewegung und die Secretion des Magensaftes nach Durchschneidung beider Vagi gar nicht auf, oder dauert die Sistirung derselben nur eine kurze Zeit, bis sich die Thiere von der Operation erholt haben, so wird man wohl schwerlich die Thatsache erklären können, warum man 24 Stunden nach der Operation noch immer den Mageninhalt im Magen und im Centrum nicht verdaut findet? — Diese Frage wird aber leicht beantwortet werden, wenn man die Sistirung der Magenbewegnng nach der Operation zulässt, dann wird der centrale Theil der Nahrungsstoffe im Magen dem Einfluss des Magensaftes gar nicht oder sehr wenig ausgesetzt sein und deshalb zum Theil auch unverdaut bleiben.

Uebrigens haben die angeführten Versuche zur Genüge dargethan, dass die Magenbewegung gar nicht von der Verdauung abhänge. Wir haben gesehen, dass bei den verhungerten Kaninchen die Speisemassen 7—8 Tage im Magen liegen blieben, obwohl hier gewiss die Verdauung nicht gestört wurde. Dasselbe ist auch bei anderen Herbivoren der Fall. Ich habe Pferde gesehen, welche nach 12 tägiger, völliger Inanition noch

einen vollen Magen hatten, in welchem nur unverdaubare Stoffe noch lagen. Endlich haben die obigen Versuche, wie jene von Schiff selbst und anderen Physiologen bewiesen, dass nach Durchschneidung der Vagi die Secretion des Magensaftes nicht aufhört. Die Theile der Speisen also, welche der Einwirkung desselben ausgesetzt sind, werden auch verdaut werden müssen. Man findet daher den peripherischen Theil des Mageninhaltes, mehr oder weniger verflüssigt und in Pepton verwandelt. Es unterliegt auch keinem Zweifel, dass diese verdauten Theile im Verlaufe der Zeit mehr und mehr aufgesaugt werden, wodurch natürlich die centralen Theile des Contentums ebenfalls mehr mit dem Magensaft in Berührung kommen und ihrerseits wiederum verdaut und aufgesaugt werden. Würde also das Thier vor der Vagusdurchschneidung mit einer solchen Substanz gefüttert, welche ganz durch den Magensaft gelöst und aufsaugbar gemacht wird, so wird man wohl nach Verlauf einer Zeit den Magen auch leer finden müssen. Dieser Umstand muss aber nicht fälschlich etwa für das Fortbestehen der Magenbewegung gedeutet werden, sondern er beweist nur die stattgefundene, vollständige Resorption der gelösten Nahrungsstoffe. Füttert man aber das Thier vor der Vagusdurchschneidung mit solchen Stoffen, welche nur zum Theil im Magen verdaut und aufsaugbar werden und wird die Magenbewegung nach der Operation nicht durch örtliche Reize der Magenschleimhaut unterhalten, so wird man gewiss einen Theil der Nahrung immer noch im Magen finden. Man muss daher bei der Lösung der Frage über den Einfluss des Vagus auf die Magenbewegung immer auf die Verdaulichkeit der vor der Operation aufgenommenen Nahrungsstoffe und auf die etwa stattgefundenen örtlichen Reizungen der Magenschleimhaut Rücksicht nehmen.

Was nun die Verlangsamung der Resorption im Magen nach Durchschneidung beider Vagi betrifft, so kann ich der Behauptung von Schiff und Corvisart leider nur die wenigen oben angeführten Versuche entgegenstellen.

Berlin, den 20. Juli 1861.

Bemerkung zu dem Aufsatze des Herrn Dr. H. Munk: „Ueber die Leitung der Erregung im Nerven, II."

(Dieses Archiv, 1861, Heft IV.)

Von Dr. W. Wundt.

In einem Aufsatze „über secundäre Modification der Nerven" [1]) habe ich eine bis dahin nicht näher verfolgte Art der Modification durch elektrische Ströme beschrieben, die ich als secundäre Modification bezeichnete. Die Thatsache und ihr Zusammenhang mit der gewöhnlichen elektrischen Modification, die ich die primäre genannt habe, lässt sich folgendermaassen ausdrücken.

---

1) S. dieses Archiv, 1859, S. 537 ff.

Wenn man eine Nervenstrecke vom elektrischen Strom durchfliessen lässt, so ist nach Aufhebung des Stroms in der ganzen Länge des Nerven eine Nachwirkung vorhanden. Diese Nachwirkung besteht zuerst in einer Herabsetzung der Erregbarkeit für die modificirende Stromesrichtung (primäre, negative Modification), geht aber dann in eine Erhöhung der Erregbarkeit für diese Stromesrichtung über (secundäre, positive Modification). Das Stadium der primären Modification oder der herabgesetzten Erregbarkeit dauert um so länger, je länger der Strom einwirkte, und wenn die Dauer der Stromeseinwirkung eine gewisse Grenze überschreitet, so bleibt die secundäre Modification vollständig aus. Man beobachtet daher die secundäre Modification am deutlichsten nach der Anwendung von Inductionsschlägen: das Stadium der herabgesetzten Erregbarkeit ist hier von verschwindender Dauer, und man beobachtet sogleich, wenn man eine oder wenige Secunden nach der Einwirkung des Inductionsschlages einen neuen Inductionsschlag von gleicher Richtung einwirken lässt, eine Erhöhung der Erregbarkeit. Die Erregbarkeitszunahme, die man durch einen einzigen Inductionsschlag erhält, ist aber meistens gering; um eine beträchtliche secundäre Modification zu erhalten, muss man daher die Wirkung der Inductionsschläge summiren, dadurch, dass man einen neuen Inductionsschlag durch die Nervenstrecke sendet, noch bevor die durch den vorangegangenen Schlag bewirkte Erregbarkeitserhöhung ganz geschwunden ist.

In der oben angeführten Abhandlung von Dr. H. Munk findet sich die Bemerkung, es sei von mir nicht der Beweis geliefert worden, dass die beobachtete Zunahme der Erregbarkeit wirklich eine Folge der Inductionsschläge und nicht vielmehr vom Absterben des Nerven abhängig sei. Ich bemerke hierauf, dass ich in meinem Aufsatze, wie leicht aus der ganzen Fassung desselben zu sehen ist, nur die Beobachtungsthatsachen angeführt habe, ohne mich auf die ausführliche Beweisführung einzulassen, die ich später im Zusammenhange mit anderen Untersuchungen veröffentlichen werde. Vorerst beschränke ich mich, den Ausstellungen von Munk gegenüber, auf folgende Bemerkung.

Die Erregbarkeitszunahme für sich würde, wie Munk richtig angiebt, keine Modification beweisen, auch wenn sie unter dem Einflusse der Inductionsströme viel schneller erfolgte, da dann immer noch der Einwand offen bliebe, dieses schnellere Wachsthum der Erregbarkeit sei eine Folge des unter dem Einflusse der Ströme rascher geschehenden Absterbens. Die Modification ist aber bewiesen, wenn die Erregbarkeit nicht nur schneller, sondern auch zu einer bedeutenderen Höhe ansteigt, als dies ohne den Einfluss der Ströme geschehen würde. Dies ist in der That das wirkliche Verhalten, und es würde Herrn Munk leicht geglückt sein, dasselbe zu constatiren, wenn er seine Versuche mit Erregungspausen von einer oder einigen Minuten mit Versuchen verglichen hätte, in denen er nur eine oder einige Secunden als Erregungspausen wählte. Meine Angabe, dass es, um die Modificationswirkung zu häufen, nöthig sei, in Zwischenräumen von wenigen Secunden die Inductionsstösse sich folgen zu lassen, hat Munk vollständig ignorirt, und da in seinen Versuchen, in denen als Minimum Erregungspausen von 1 Min., nur einmal ausnahmsweise solche von 15 Sec. erwähnt sind, keine Modification bestimmt nachgewiesen ist, so schliesst er, dass es überhaupt keine secundäre Modification gebe. Ich habe gefunden, dass 10—15 Secunden nach Einwirkung des Inductionsschlages die Modification sich nicht mehr merklich geltend macht und daher auch die Häufung der Modificationswirkung ausbleibt. Von der bei längeren Erregungspausen noch zu beobachtenden gerin-

geren Zunahme der Erregbarkeit glaubte ich, weil sie sich von der Grösse der Pause im Allgemeinen unabhängig zeigte, dass sie nicht mehr auf Modification zu beziehen sei. Ich gab daher in meiner Mittheilung an, die von mehreren Beobachtern gesehene Zunahme der Erregbarkeit im Anfange des Absterbens sei wahrscheinlich theilweise durch secundäre Modification bedingt, theilweise aber scheine sie davon unabhängig und mit dem Absterben des Nerven zusammenzuhängen. Sonderbarer Weise legt es nun Munk mir ganz besonders zur Last, dass ich die Beobachtungen über die Erregbarkeitszunahme nach dem Tode gekannt und trotzdem nicht alsbald meine Versuche so gedeutet habe, dass in ihnen das Wachsthum der Zuckungen unabhängig sei von den elektrischen Reizen. In der secundären Modification glaubte ich ja gerade wenigstens eine Ursache für jene Beobachtungen gefunden zu haben. Munk scheint zwar der Ansicht zu sein, die Modification müsse ganz unabhängig von der Erregbarkeit des Präparates und der Zeit seit der Trennung vom Thier eintreten, und er scheint deshalb zu glauben, da in jenen Beobachtungen nur im Anfange der Untersuchung die Erregbarkeitszunahme bewirkt worden sei, so sei damit die Modification sogleich ausgeschlossen, — ich sehe aber nicht ein, warum nicht ein frischer Muskel leichter zu modificiren sein sollte, als ein halb abgestorbener.

Auf derselben irrthümlichen Voraussetzung beruht es, wenn Munk äussert, der Einfluss der Modification sei nur dann bewiesen, sobald die Inductionsschläge noch dann modificirend wirkten, wenn die Erregbarkeit schon im Sinken begriffen sei. Dies ist wirklich der Fall, und es liegt darin in der That ein Beweis für die Modification. Aber das Gegentheil würde nimmermehr ein Beweis gegen die Modification sein. Trotzdem beruht auf dieser verkehrten Schlussfolgerung zum grössten Theil die Beweisführung in Munk's eigenen Untersuchungen über die Veränderung des Zuckungsmaximum nach dem Tode; weil das Zuckungsmaximum eine Stunde nach dem Tode in den von ihm gewählten Erregungspausen nicht durch Inductionsschläge erhöht wird, so schliesst er, dass dies auch im Anfang der Untersuchung nicht der Fall gewesen sei. Wer versichert ihn aber, dass nicht beim frischen Nerven die Inductionsströme eine viel längere Nachwirkung zurückliessen als beim absterbenden? Es scheint mir nach allen Beobachtungen allerdings wahrscheinlich. dass kurze Zeit nach dem Tode die Erregbarkeit unabhängig von den Reizen sich vergrössert, aber ein strenger Beweis hierfür ist noch nicht vorhanden und namentlich auch durch die Versuche von Munk nicht geliefert worden.

Heidelberg, im October 1861.

Einige Bemerkungen zu O. Schmidts „Untersuchungen über Turbellarien von Corfu und Cephalonia."

Von Dr. A. Schneider, Privatdocent an der Universität zu Berlin.

In den angeführten Untersuchungen (Siebold u. Kölliker's Zeitschrift, Bd. XI, S. 21) giebt Schmidt auch eine Beschreibung des *Anoplodium parasita*. Es heisst daselbst: „Den eigenthümlichen Schmarotzer der *Holothuria tubulosa* hatte ich vor 4 Jahren in Nizza oberflächlich kennen gelernt, darauf aufmerksam gemacht durch den eigentlichen Entdecker Dr. Krohn, auf dessen Veranlassung sich etwas später Schneider das Verdienst erworben, das Thier genauer untersucht und in das System eingeführt zu haben." Hätte ich wirk-

lich jenen Schmarotzer erst auf Herrn Dr. Krohn's Veranlassung untersucht, so würde ich dies in meiner Abhandlung (dies. Archiv 1858, S. 324) deutlich und offen ausgesprochen haben. Ich habe es nicht gethan, weil ich völlig selbstständig darauf aufmerksam gemacht worden bin durch die eigenthümlichen Eier, welche ich in den bekannten planarienartigen Körperchen fand. Nachdem ich die Untersuchung über diesen Gegenstand in Neapel abgeschlossen hatte, ging ich nach Messina. Dort erst hatte ich das Vergnügen, Herrn Krohn kennen zu lernen, und erfuhr ich nun von ihm, dass er mein *Anoplodium* bereits früher gekannt hatte. Herr Krohn wird diesen Sachverhalt gewiss Jedem, den es sonst interessirt, gern bestätigen.

Meine Angaben über die Anatomie dieses Thieres werden von Schmidt vollständig bestätigt und in mehreren Punkten ergänzt. Eine Reihe von Gegenständen, welche von mir berücksichtigt sind, wird von ihm jedoch nicht erwähnt, z. B. die sogenannten Dotterstöcke und die Gestalt und Lage der Hoden.

Seine Ansicht über die Eibildung kann ich nicht theilen. Nach Schmidt entstehen in dem von mir als Eierstock, von ihm als Keimstock bezeichneten Organe nur die Keimbläschen. Erst nach dem Uebertritt in das sogenannte Receptaculum seminis erhalten sie den Dotter. Ich habe diesem Punkte damals eine genaue Aufmerksamkeit gewidmet, und gesehen, auch in meiner Abbildung deutlich gezeichnet, dass die Keimbläschen beim Uebertritt in den Ausführungsgang meines Eierstocks von einer wohlbegränzten Masse heller Substanz — Dotter — umgeben sind, dass also das Ei schon jetzt eine vollständige Zelle, aus Zellsubstanz und Kern bestehend ist. Von der ähnlichen Substanz sind die Keimbläschen auch bereits im Eierstocke selbst umhüllt, sie sind niemals nackte Kerne.

Immerhin mögen in dem Receptaculum seminis noch Veränderungen im Ei vor sich gehen, einer Umlagerung mit Dotter bedarf es nicht mehr.

Zur Kenntniss des gelben Fleckes und der Fovea centralis des Menschen und Affen-Auges.

Von Max Schultze.

(Aus d. Sitzungsbericht d. niederrhein. Ges. f. Natur- u. Heilkunde in Bonn; vom Verfasser mitgetheilt.)

1) Der Querschnitt der percipirenden Elemente in der Fovea centralis des Menschenauges ist bedeutend geringer, als der der Zapfen am gelben Fleck. Während der Zapfenkörper an letzterem Orte nach Kölliker 0,0045—0,0054, nach H. Müller nur 0,004 Mm. misst, mit welchen Maassen die meinigen beim Menschen und beim Affen (ein für alle Mal immer nur *Macacus cynomolgus*) angestellten übereinstimmen, mit der Einschränkung, dass gegen die Fovea centralis hin der Durchmesser allmählig noch geringer wird, finde ich in der Fovea centralis des Menschen gleichmässig nur Elemente von 0,002—0,0025 Mm. Querschnitt an der Basis. Die Elemente sind nur sehr wenig dicker als die Stäbchen. Von der vollkommenen Regelmässigkeit des Mosaikes der natürlichen Querschnitte der in Rede stehenden Elemente überzeugte ich mich am schlagendsten an der frischen Affen-Retina. Hier maass ich als Querdurchmesser der unmittelbar an einander stossenden Basalenden der Stäbchen 0,0028 Mm., als Durchmesser der oberen, der Chorioidea anliegenden, sich nicht mehr un-

mittelbar berührenden Enden 0,0023 Mm. Da die Maassbestimmungen an der menschlichen Retina an erhärteten Präparaten gemacht wurden, an welchen die Elemente in der Dicke ein wenig einschrumpfen, so dürfte wahrscheinlich die bei *M. cynomolgus* im frischen Zustande gefundene Zahl 0,0028 auch auf den lebenden Menschen passen. Es wird durch diese Messungen den bisherigen Angaben gegenüber der Durchmesser der kleinsten empfindenden Elemente der Netzhaut ungefähr um die Hälfte herabgesetzt.

2) Die Betrachtung der frischen Affen-Retina von der Chorioidealfläche hat die Ueberzeugung aufgedrängt, dass ein allmähliger Uebergang der Zapfen des gelben Fleckes in die entsprechenden Theile der Fovea centralis Statt findet. Danach müssten die empfindenden Elemente der Fovea centralis sehr stark verschmälerte Zapfen genannt werden, obgleich sie nach dem Durchmesser mehr den Stäbchen gleichen. Auch sonst spricht Manches für die Zapfen-Natur der fraglichen Elemente, indem ihnen z. B. die Trennung in einen äusseren homogenen und einen inneren körnigen Theil, der den echten Stäbchen eigen ist, abgeht. Dennoch möchte ich sie auch nicht mit den eigentlichen Zapfen der mehr peripherischen Theile der Retina identificiren, indem ich von diesen und selbst von den Zapfen der äusseren Partieen des gelben Fleckes des Menschen neuerdings mit scheinbar grosser Sicherheit beweisen konnte, dass sie mit bindegewebigen Elementen der Retina zusammenhangen, also nicht zu den percipirenden Elementen der Retina gerechnet werden können. Es bleibt die definitive Entscheidung der Frage nach dem functionellen Unterschiede von Stäbchen und Zapfen demnach leider immer noch in suspenso.

3) Beim Menschen wie beim Affen finde ich das Mengenverhältniss der Stäbchen und Zapfen von einem gewissen den gelben Fleck in einer Entfernung von 4—5 Mm. umgebenden Kreise an bis zur Ora serrata vollkommen gleich. Die Zapfen, deren Durchmesser ich an der frischen Affen Retina zu 0,006 Mm. bestimmte, stehen hier überall etwa 0,01 — 0,02 Mm. auseinander. Innerhalb dieses Kreises nimmt, wie bekannt, die Zahl der Zapfen gegen den gelben Fleck zu. An der Ora serrata glaube ich die Zapfen in die Zellen der Pars ciliaris retinae verfolgen zu können.

4) Seit Bergmann's Angaben über die schiefe Faserung innerhalb der sogenannten Zwischenkörnerschicht am gelben Fleck sind genauere Angaben über diese physiologisch wichtige Faserung nicht bekannt geworden. Ich habe sie in der von Bergmann beschriebenen Weise an vielen, auch an mehreren ohne Plica centralis erhärteten Augen immer in derselben Form wieder gesehen. Sie ist, was bezweifelt worden, als etwas ganz Constantes zu betrachten. Die Hauptmasse der Fasern ist bindegewebiger Natur. Nach meinen Messungen erstreckt sich die schiefe Faserung, welche am Rande der Fovea centralis beginnt und nach allen Richtungen divergirt, im Meridionalschnitt 2 Mm. nach aussen von der Fovea centralis, im Aequatorialschnitt nur 1,5 Mm. weit. Uebrigens ist die betreffende Schicht der Retina nicht, wie allgemein bezeichnet wird, die Zwischenkörnerschicht (diese nimmt am gelben Fleck an Dicke gar nicht zu), sondern die innere Partie der äusseren Körnerschicht. An der Retina ist die Verdickung dieser Schicht am gelben Fleck viel weniger ausgeprägt als beim Menschen. Sonst ist in Betreff der Schichten des gelben Fleckes zwischen Menschen- und Affen-Retina kein Unterschied.

Ueber positive Schwankung des Nervenstromes beim Tetanisiren.

Von E. du Bois-Reymond.

In einer Abhandlung im neuesten Hefte seiner Zeitschrift (Bd. VIII, S. 1—35) gelangt Hr. Moleschott zu dem Ergebniss, dass kurz vorher starken beständigen Strömen ausgesetzte Nerven beim Tetanisiren mit starken Wechselströmen des Magnetelektromotors nicht selten positive statt negativer Schwankung ihres Stromes geben, und schliesst daraus, dass der Bewegung vermittelnde Vorgang im Nerven auch von einer positiven Schwankung seines Stromes begleitet sein könne.

Ich habe bereits im 2. Bande meines Werkes, Abth. I, S. 470 ff., darauf aufmerksam gemacht, dass man beim Tetanisiren wenig erregbarer Nerven mit dem Inversor positive Schwankung erhalte. Ich zeigte aber zugleich, dass dieselbe nicht von dem Bewegung vermittelnden Vorgange, sondern davon herrühre, dass die positive Phase des Elektrotonus die stärkere sei (S. a. a. O. S. 371 ff.). Mit Inductionsströmen zwar ist mir aus diesem Grunde positive Schwankung nie vorgekommen. Doch kann es, wie ich gleichfalls bereits darthat, für das Ueberwiegen der einen Phase beim Tetanisiren mit dem Magnetelektromotor noch eine andere Ursache geben als die natürliche Ueberlegenheit der positiven Phase. Da nämlich der Zuwachs im Elektrotonus langsamer wächst als die Stärke des erregenden Stromes, so überwiegt bei etwas grosser Windungsanzahl der primären Rolle und kleinem Rollenabstande leicht die durch die langsamen und schwachen Schliessungsschläge erzeugte Phase die von den schnellen und starken Oeffnungsschlägen stammende, und der Zufall kann es, wenn man nicht darauf achtet, fügen, dass dergestalt eine positive Schwankung vorgespiegelt werde (a. a. O. S. 416. 458). Man darf sich deshalb der Wechselströme zum Hervorrufen der negativen Schwankung nur bedienen, nachdem man sich überzeugt hat, dass unter den Umständen des Versuches die beiden Phasen einander hinreichend aufheben, wie überhaupt, dass keine andere Wirkung auf die Nadel stattfinden kann, als durch Schwankung des Nervenstromes selber. Um diesen Punkt dreht sich eine der verwickeltesten und ausgedehntesten Versuchsreihen in meinem Werke; und weil ich auch den so gehäuften Beweisen nicht völlig traute, legte ich solchen Werth darauf, die negative Schwankung des Nervenstromes auch beim nicht elektrischen Tetanus sichtbar zu machen (a. a. O. S. 473).

Hr. Moleschott scheint von diesen Schwierigkeiten keine Vorstellung zu haben. Nirgends in seiner Abhandlung, in der er doch seine vollständigen Versuchsprotokolle mittheilt, erörtert er die ihm drohenden Fehlerquellen, oder erwähnt er auch nur, dass er vor dergleichen Täuschungen auf der Hut gewesen sei. Bei näherer Betrachtung wird er finden, dass namentlich der letzterwähnte Umstand wohl geeignet sein würde, die angeblich neue Erscheinung in ihren wesentlichen Zügen zu erklären. Hr. Moleschott gestattet mir daher vielleicht die Bitte, uns nachträglich zu sagen, ob er jene Fehlerquellen vermieden habe, anderenfalls aber seine Versuche mit Rücksicht darauf zu wiederholen.

Berlin, Druck von Gebr. Unger, Königl. Hofbuchdrucker.

I

II

a b c d e f m

III

g

a b

k

f

IV.

a a a a a a a

i

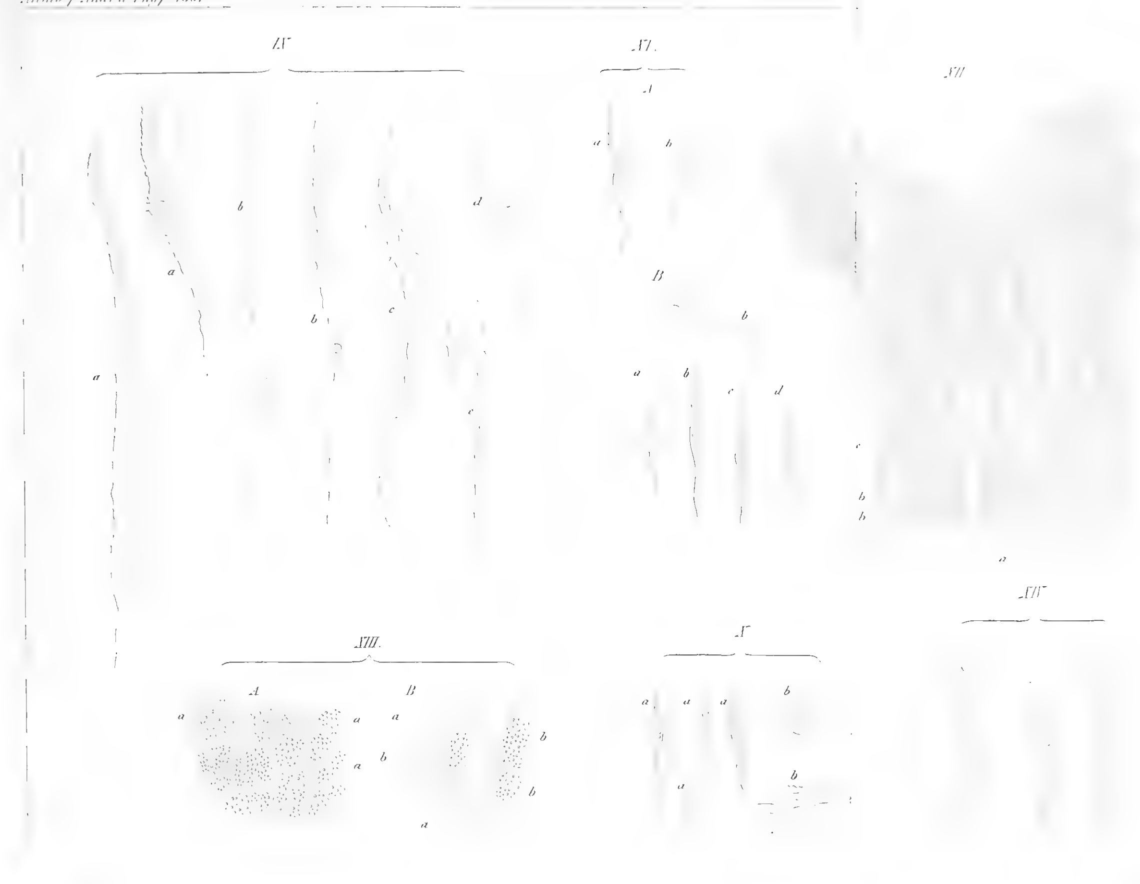
h





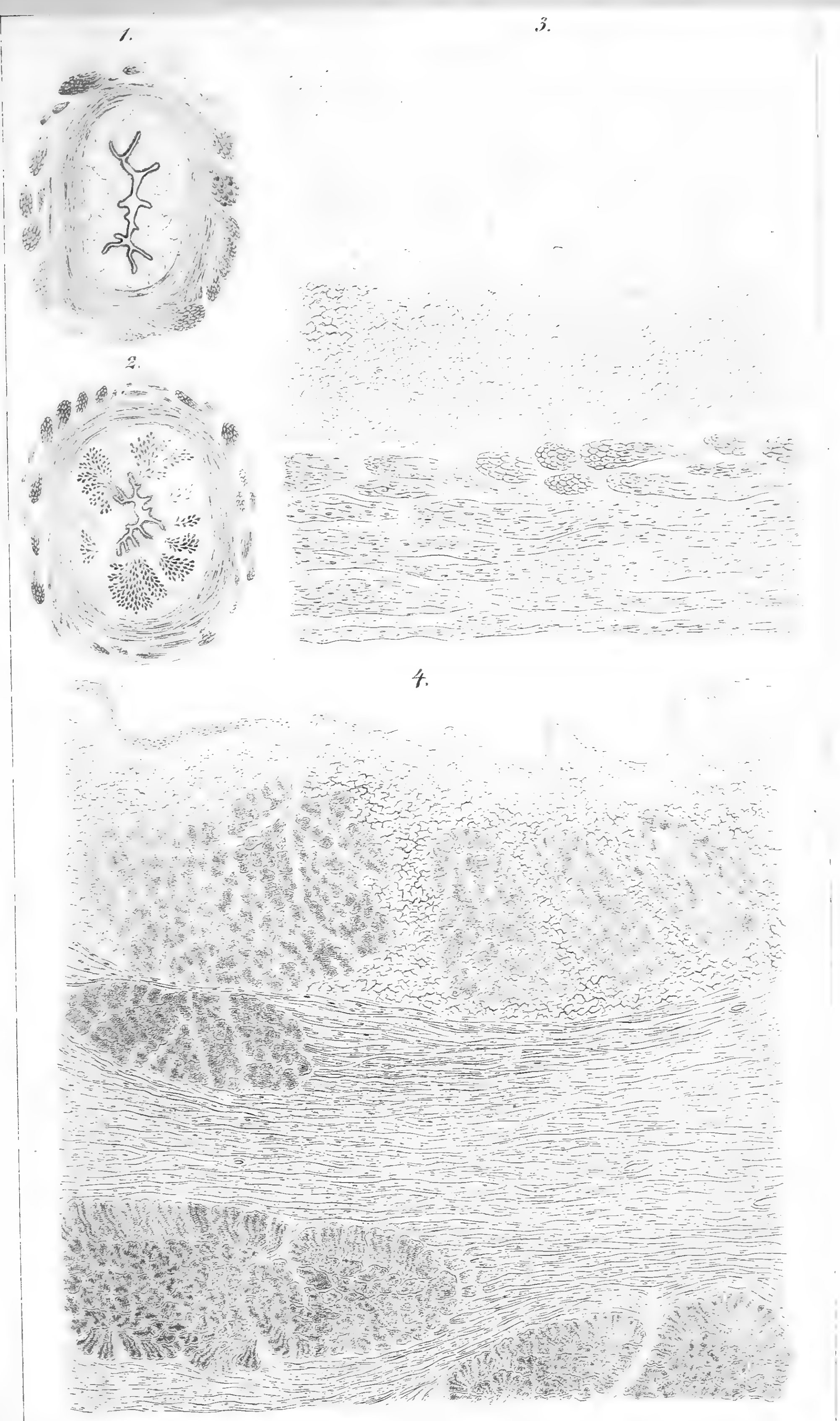
Aug. Weismann del. Wagenschieber sc.



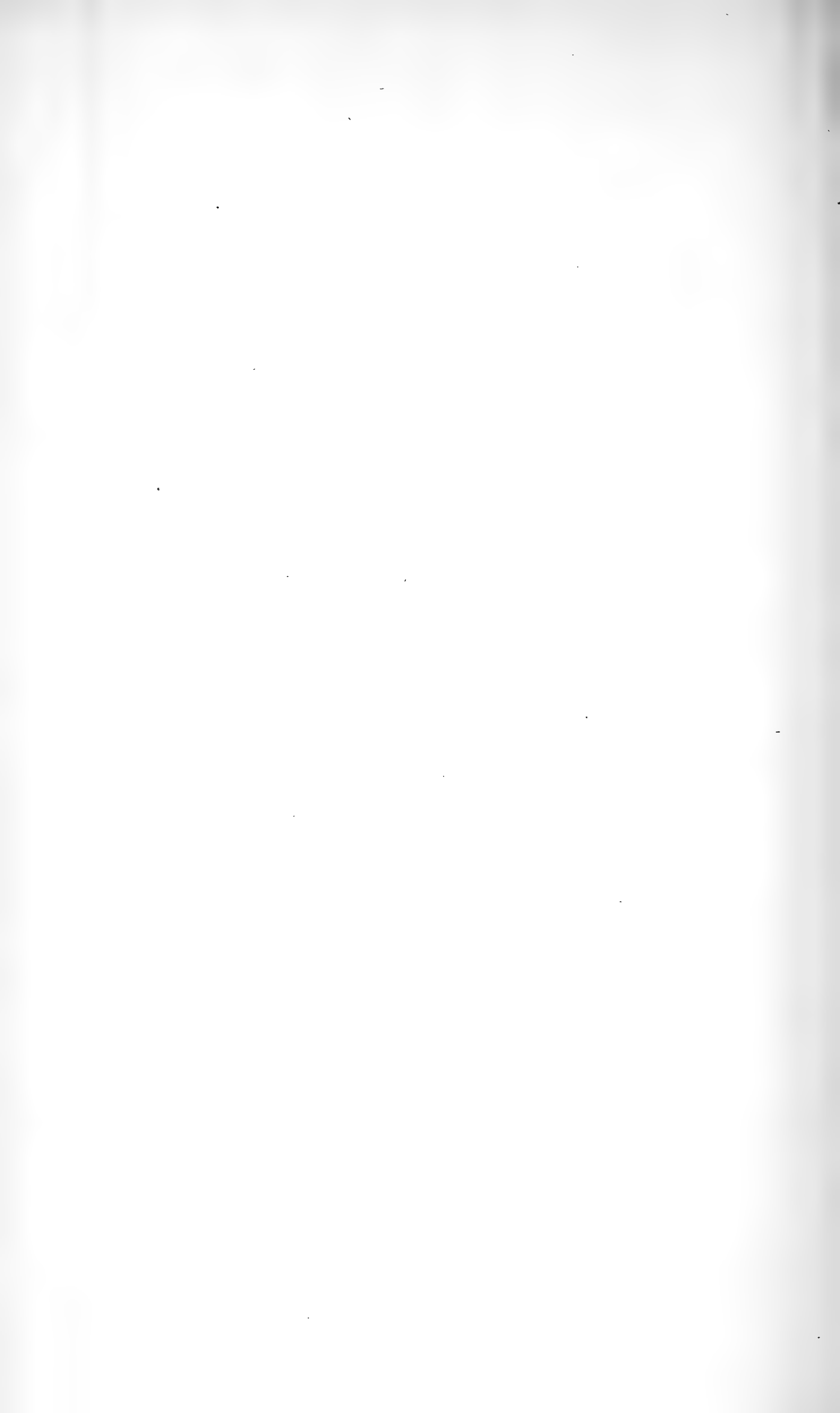


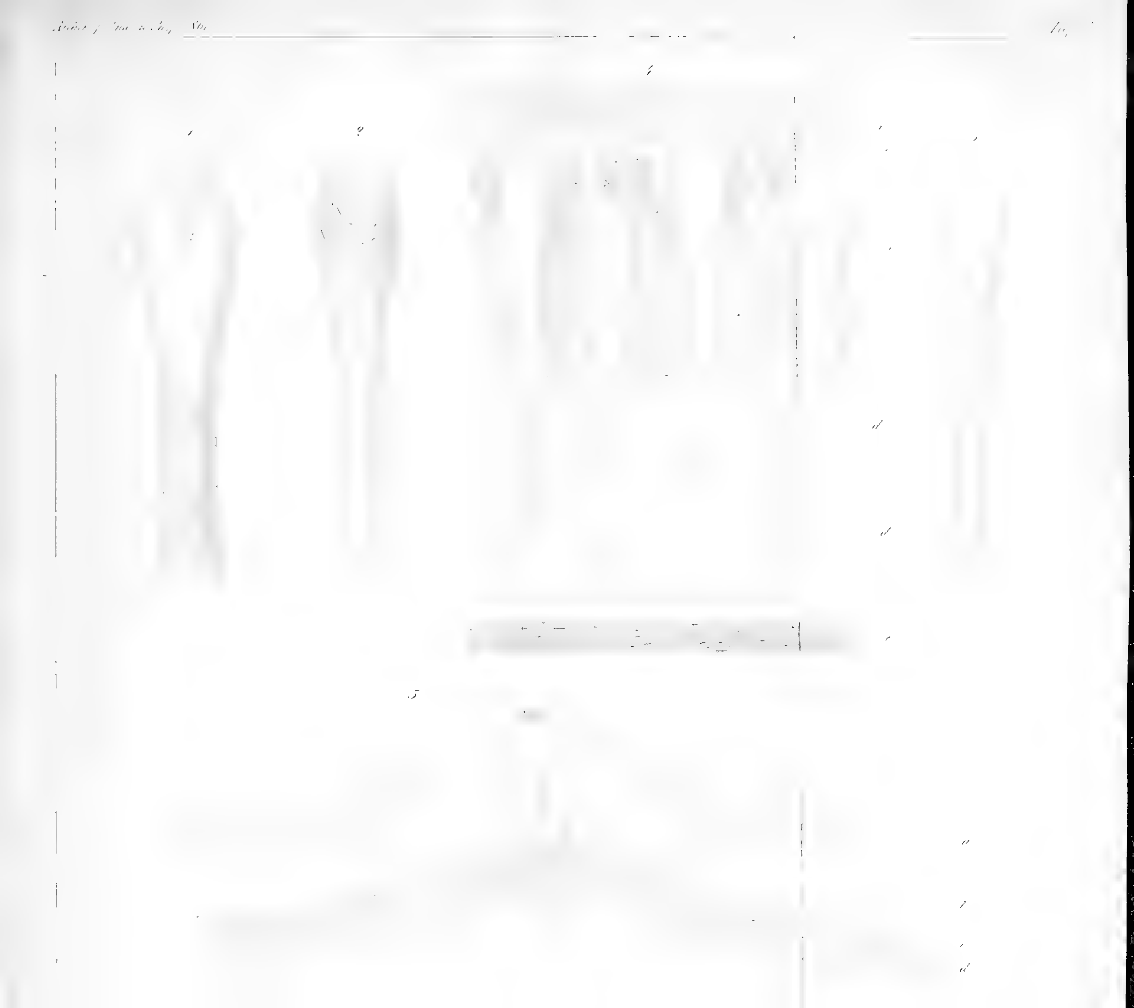
Wagenschieber sc.

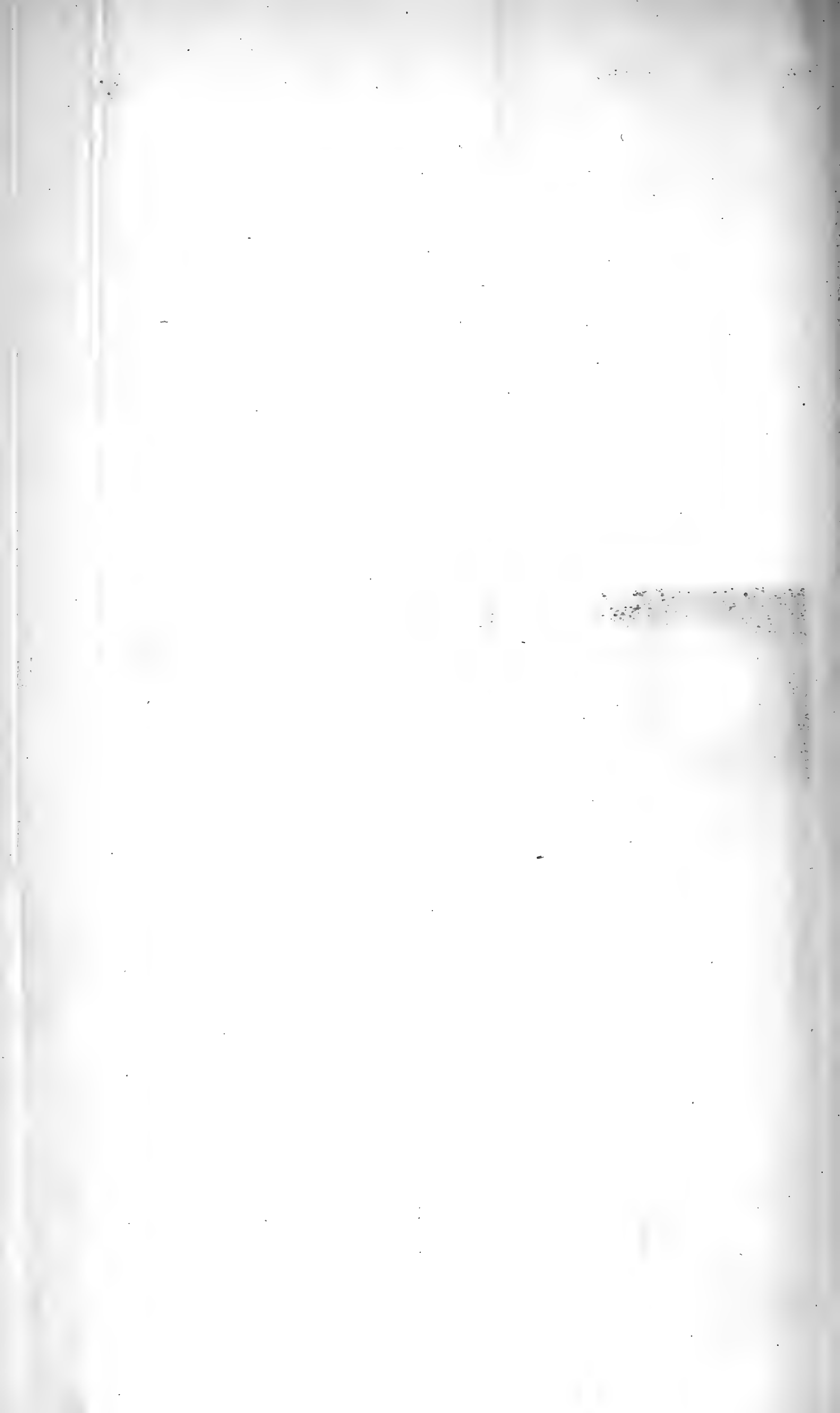


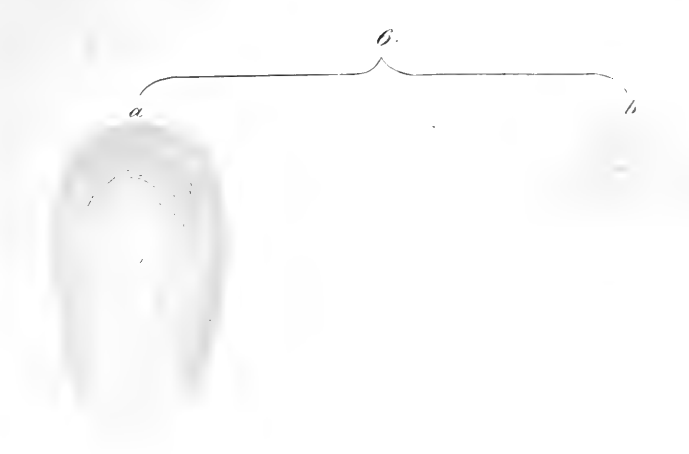


A. Assmann ad nat. del. & lith.





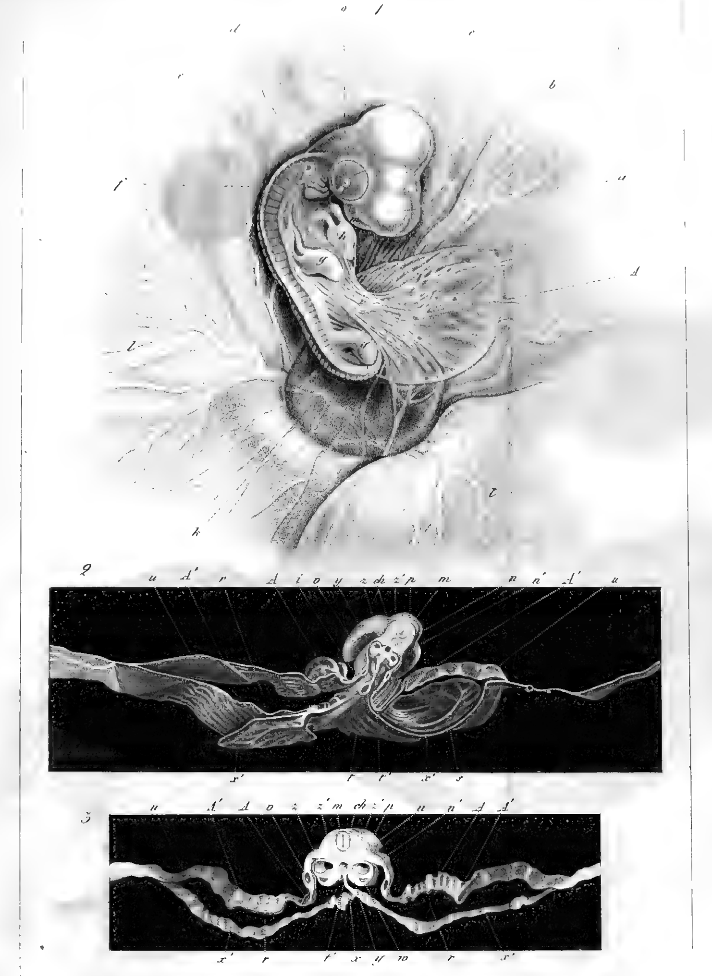


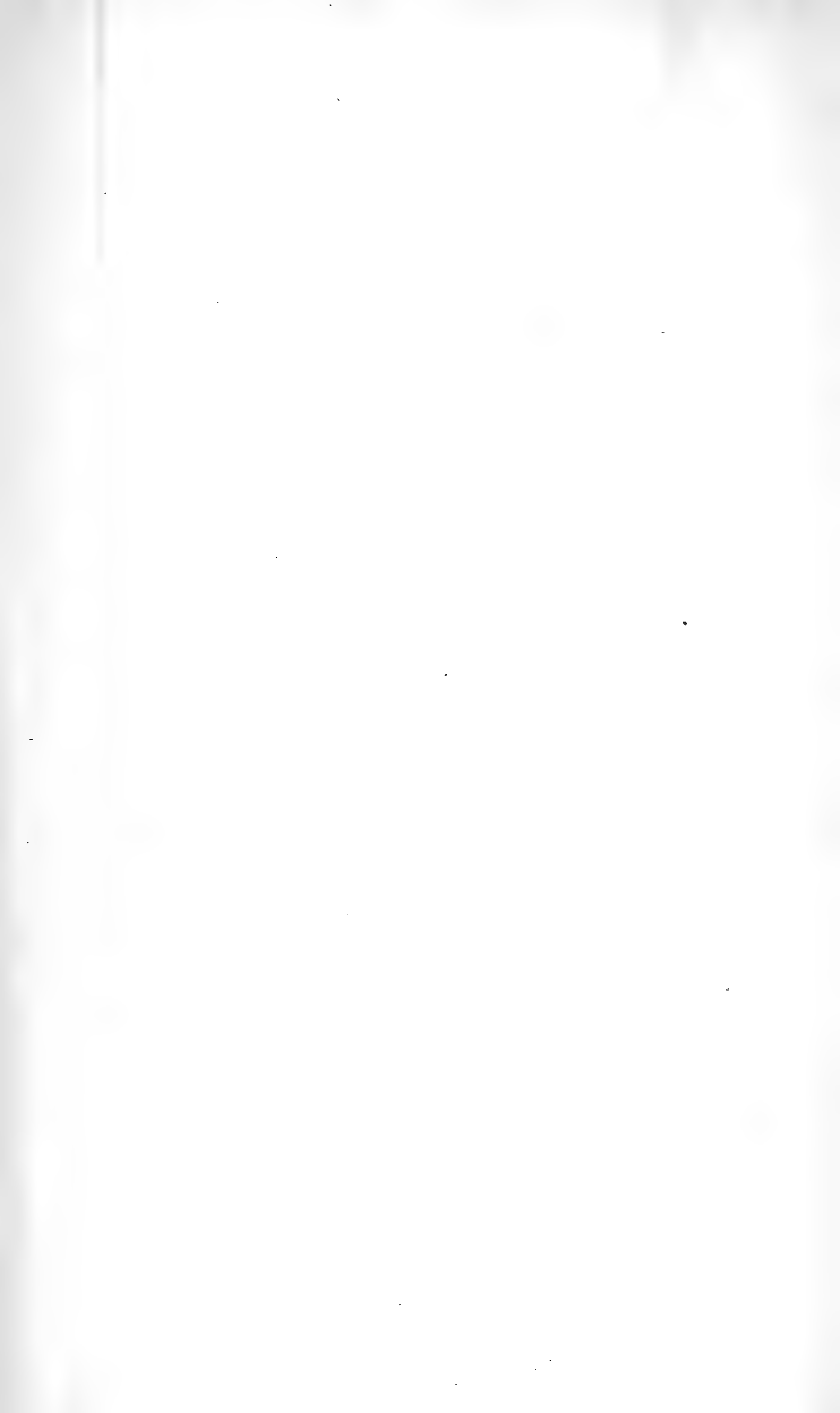


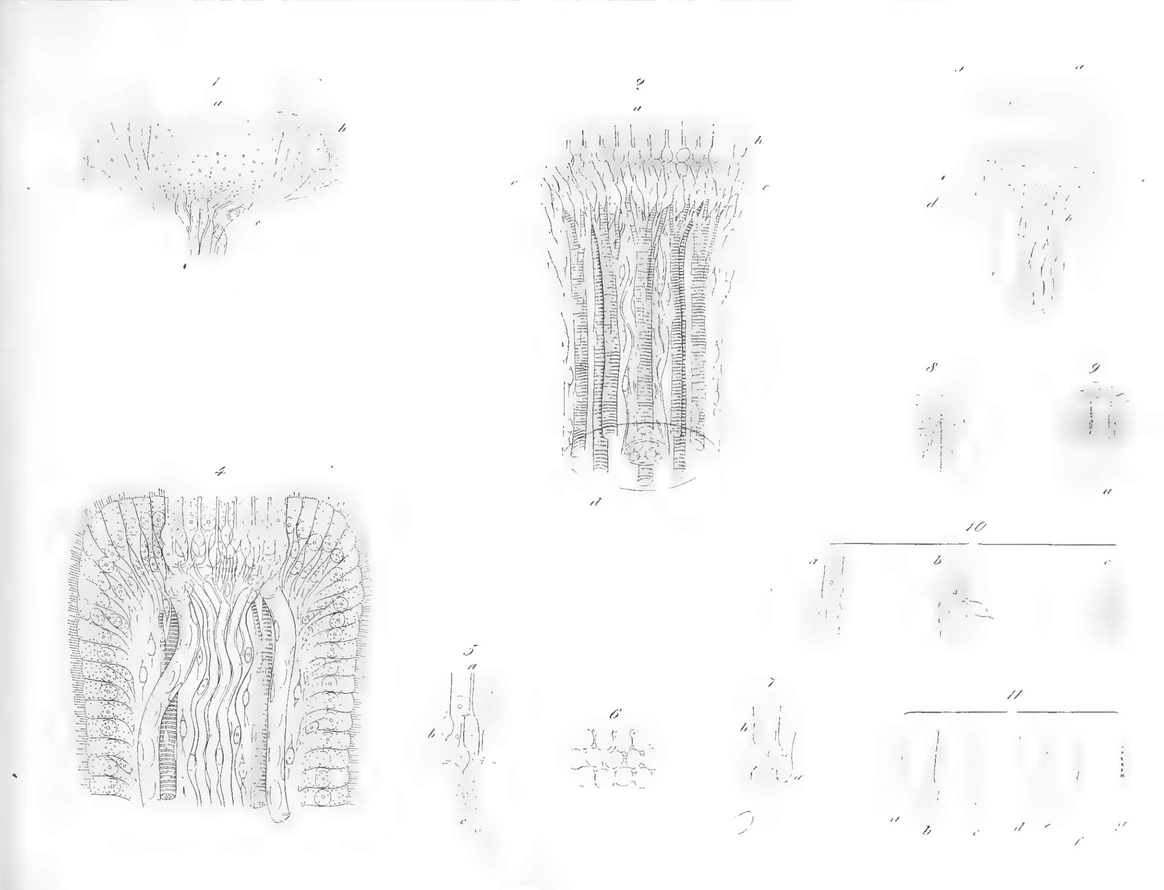
7.

c



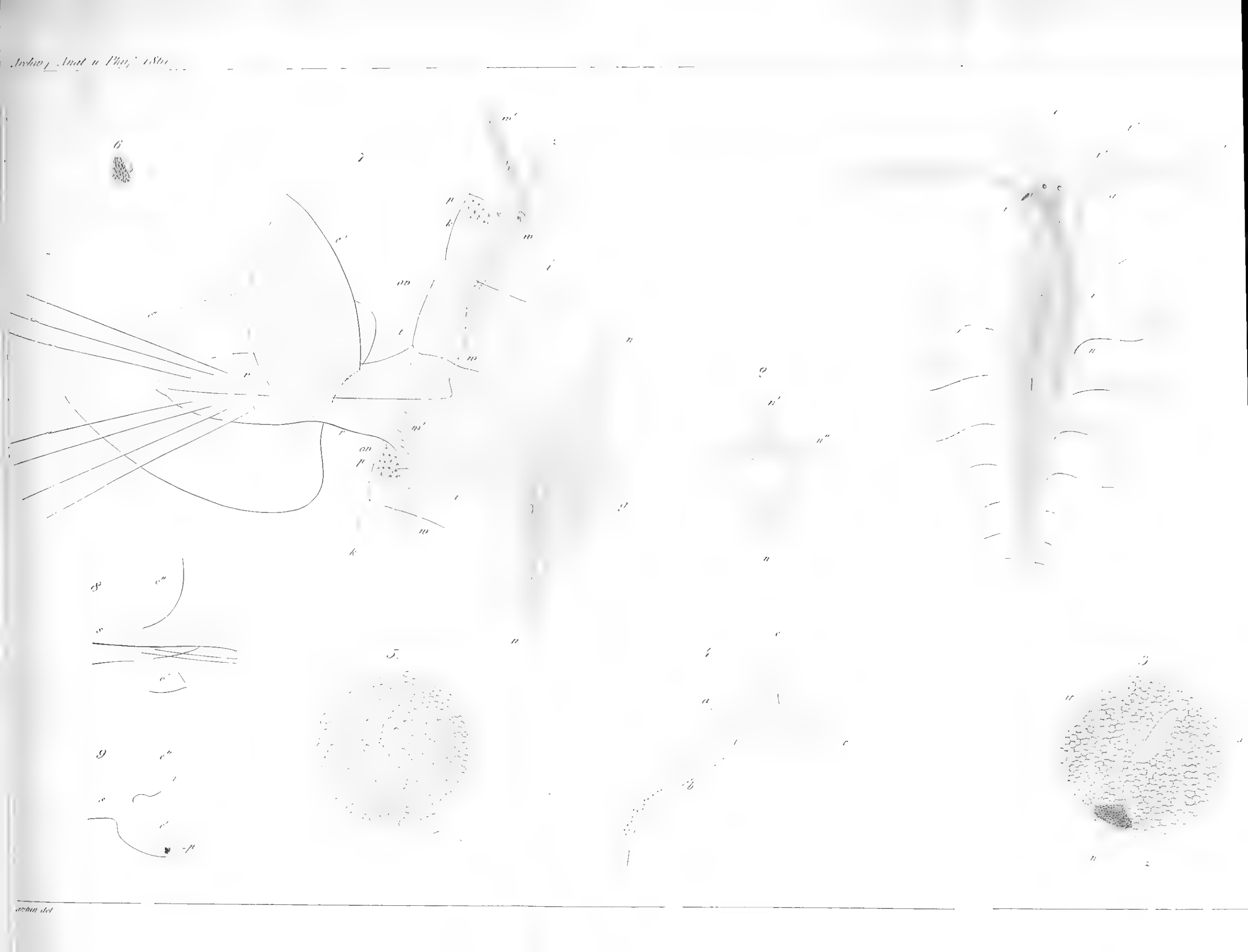


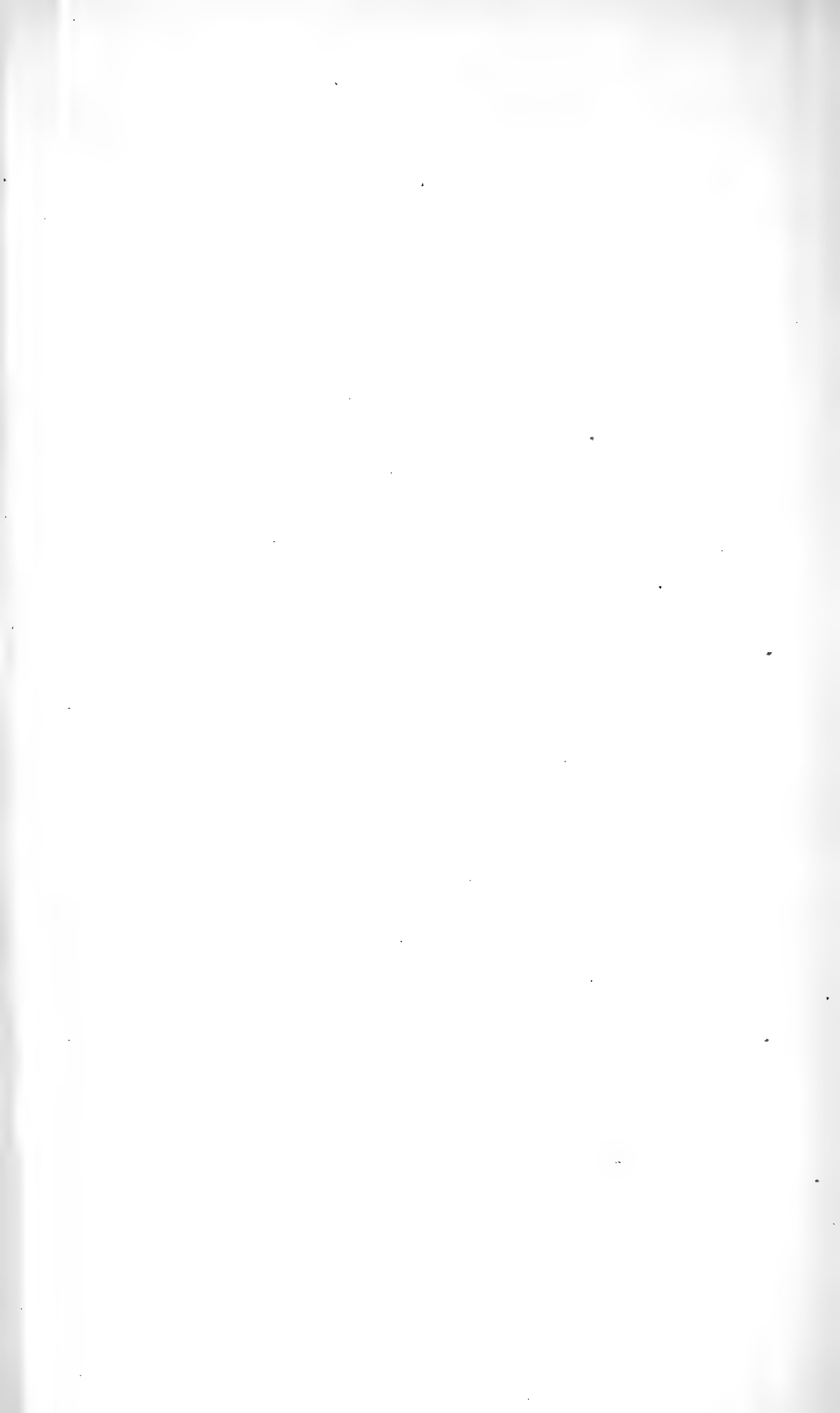




F. A. Key del. Wagenschieber sc.





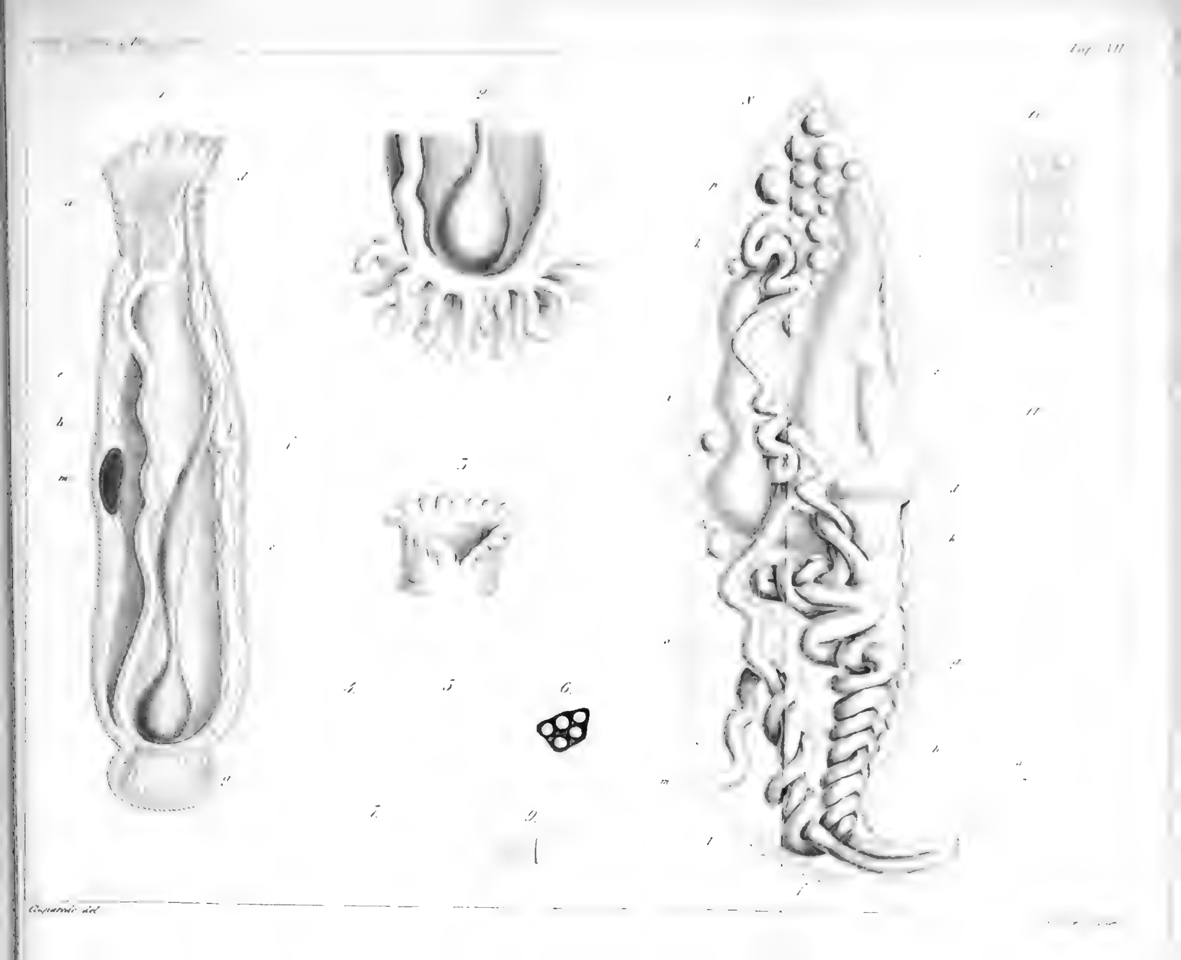



1
2
a
b
c
3
a
b
4.
a
b
c
d
5
6
7.
a
8
a
b
c
d
e
f

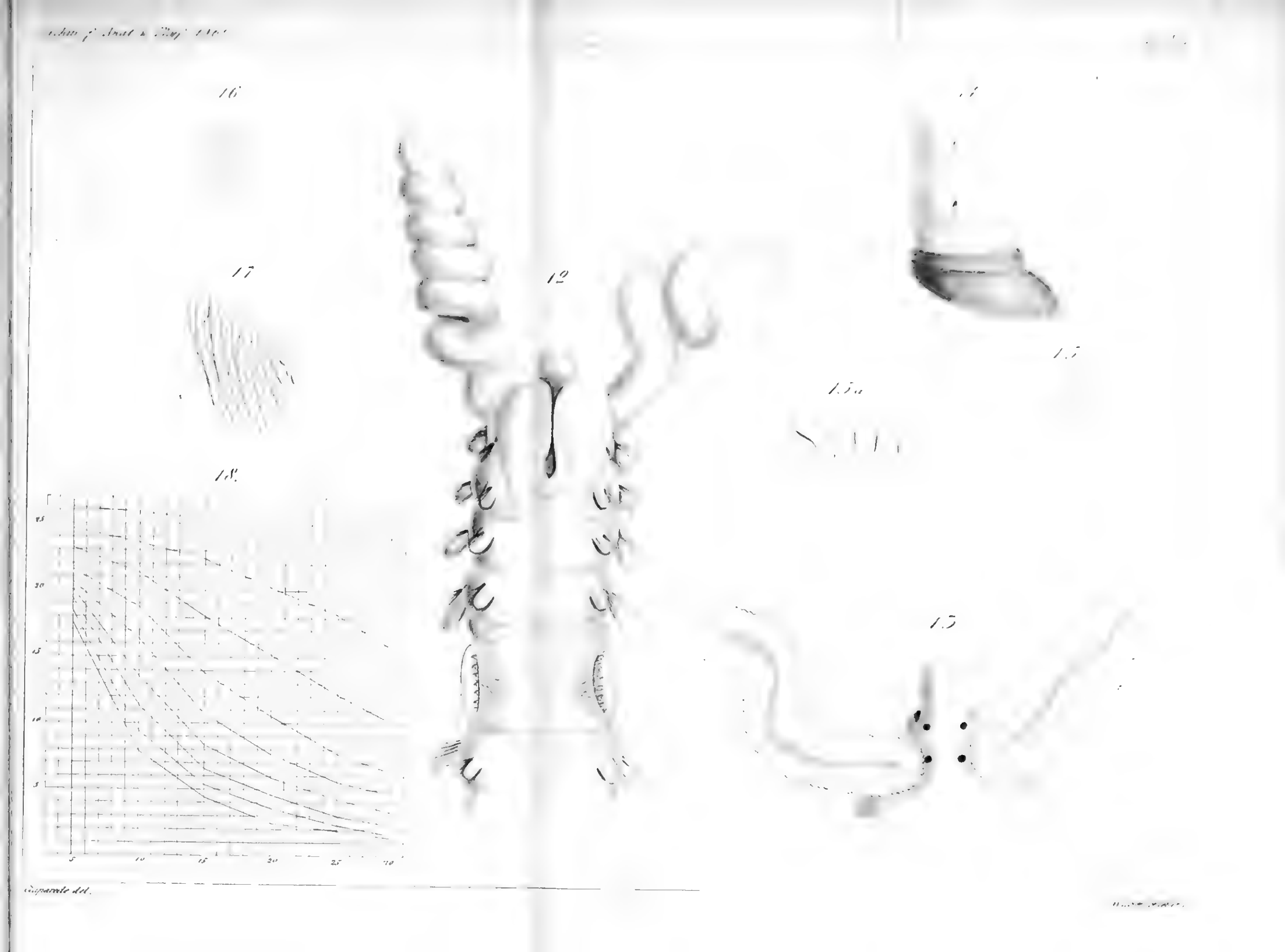




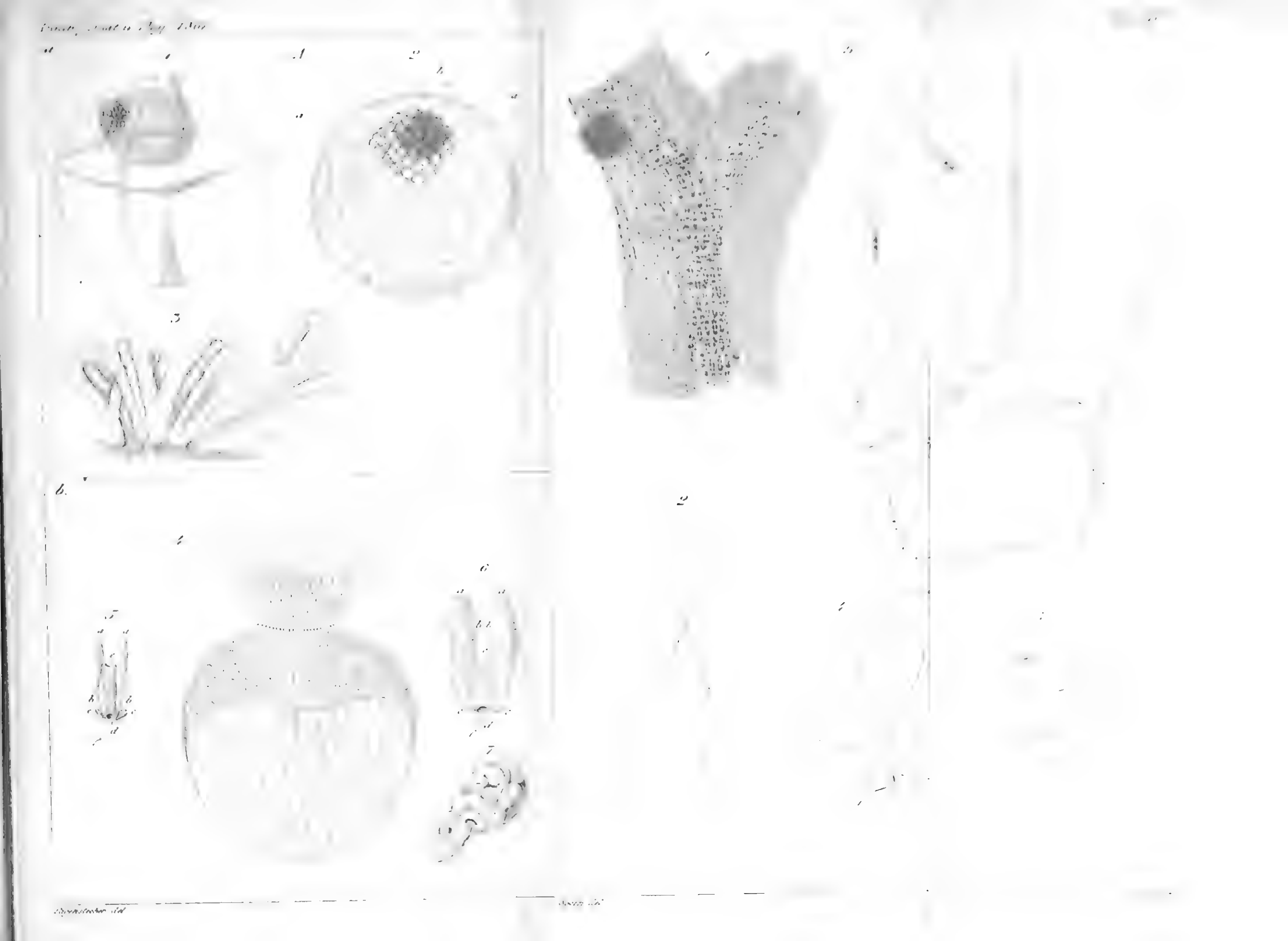







16
17
18
12
15
15a
Claparède del.

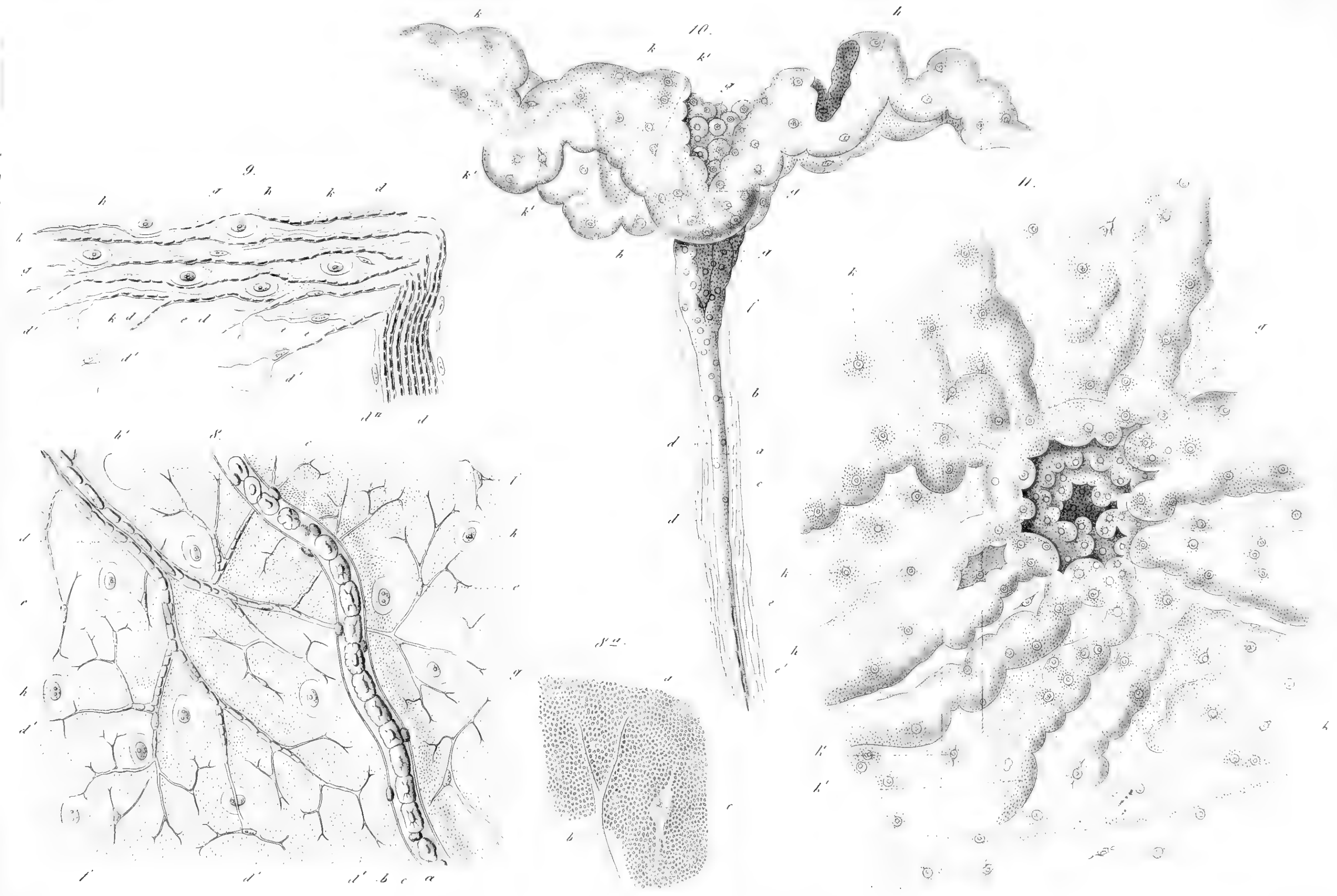




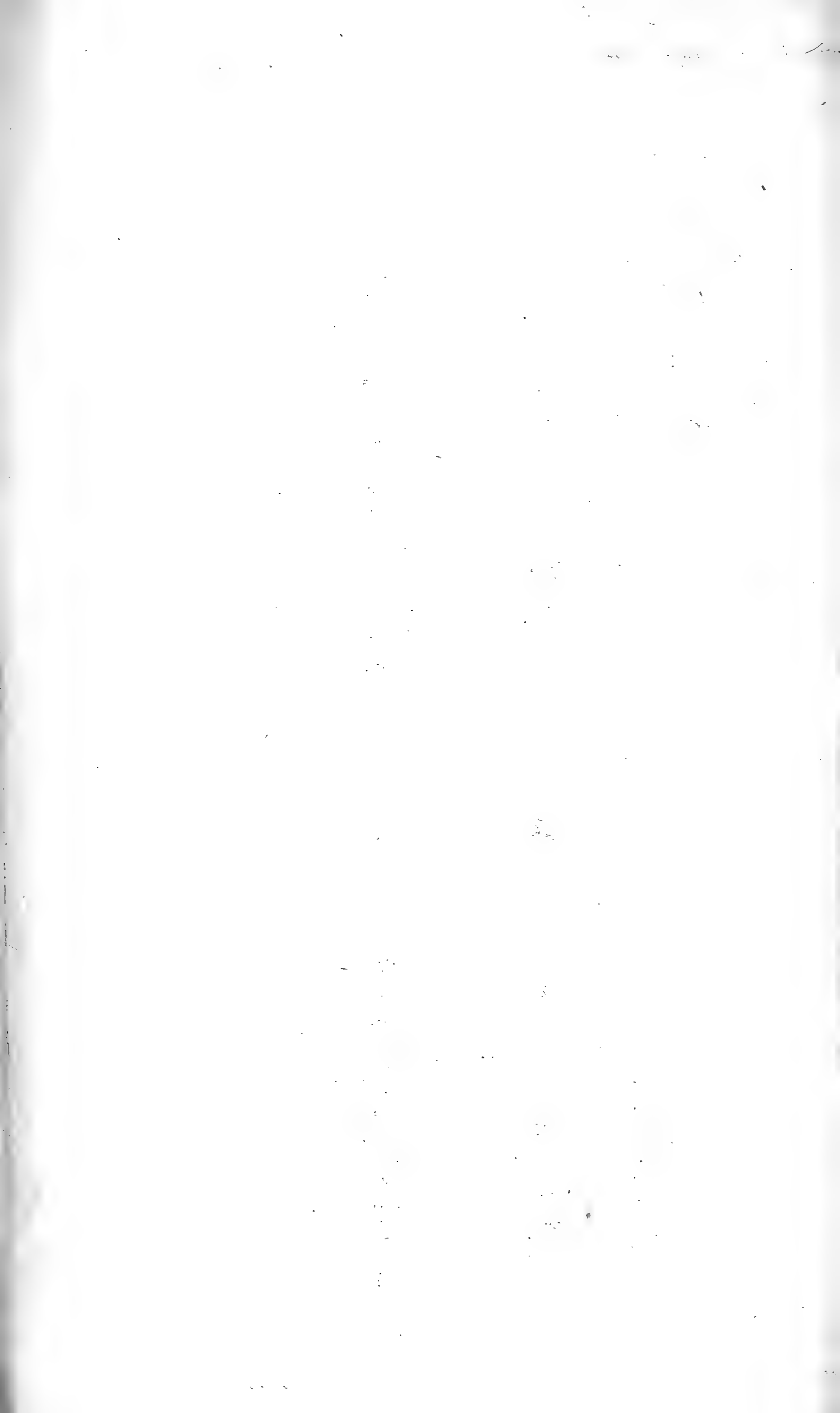


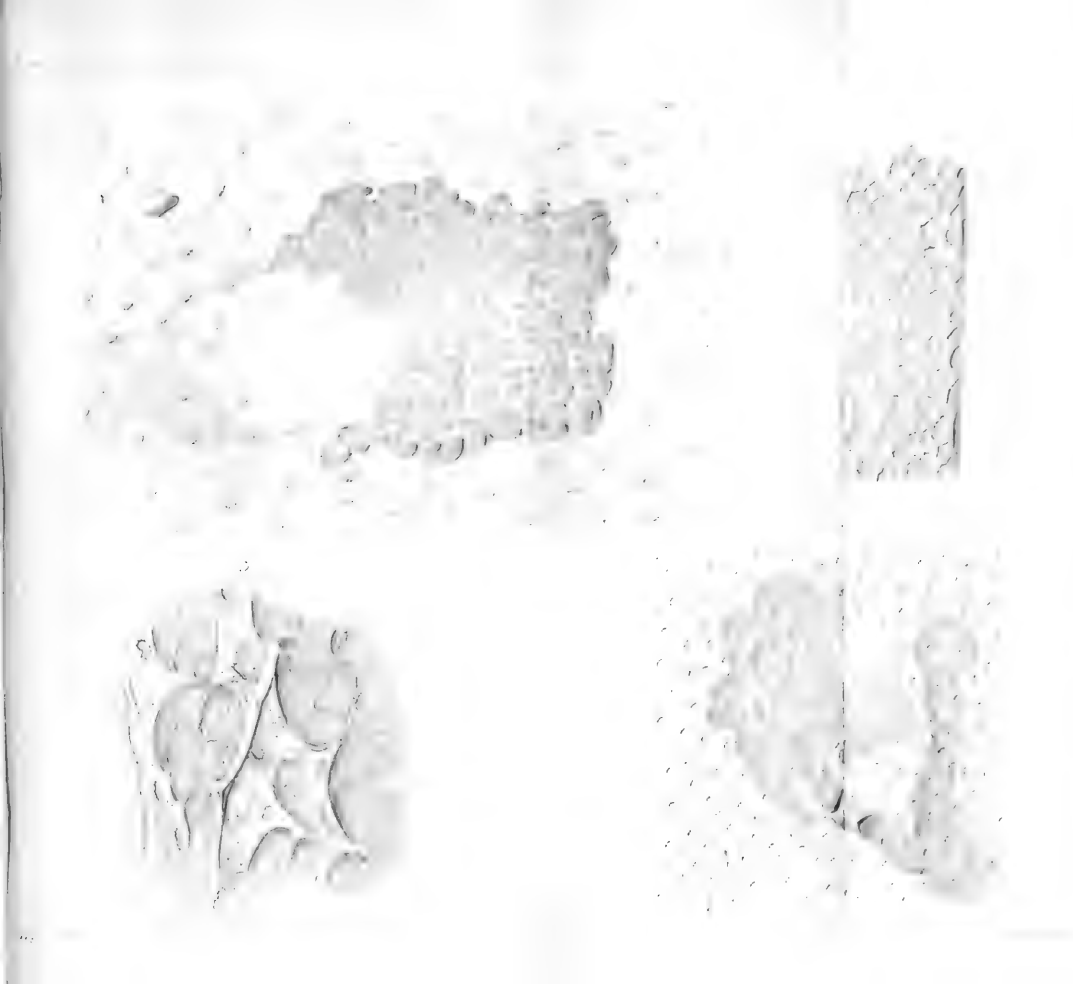


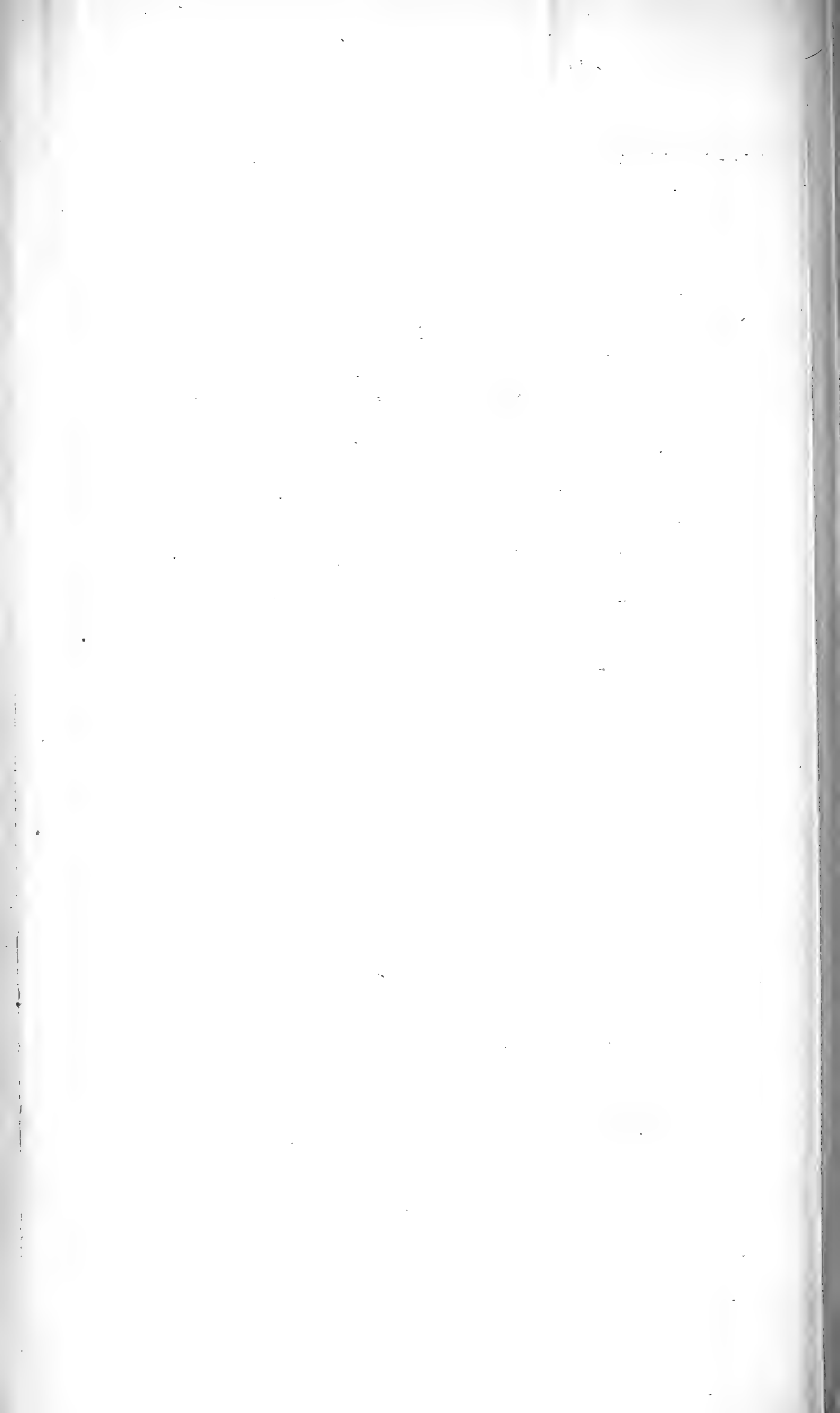




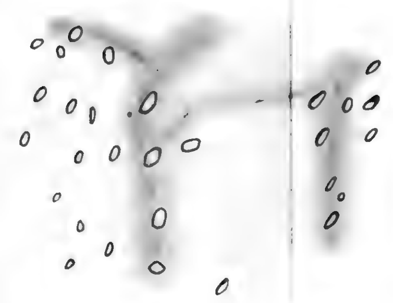


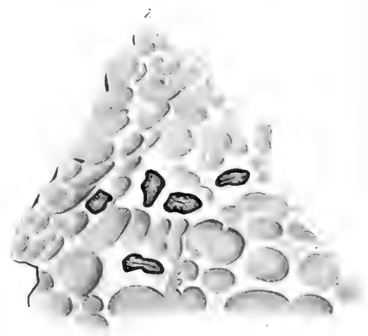












Wagner del.



Schultze del.

